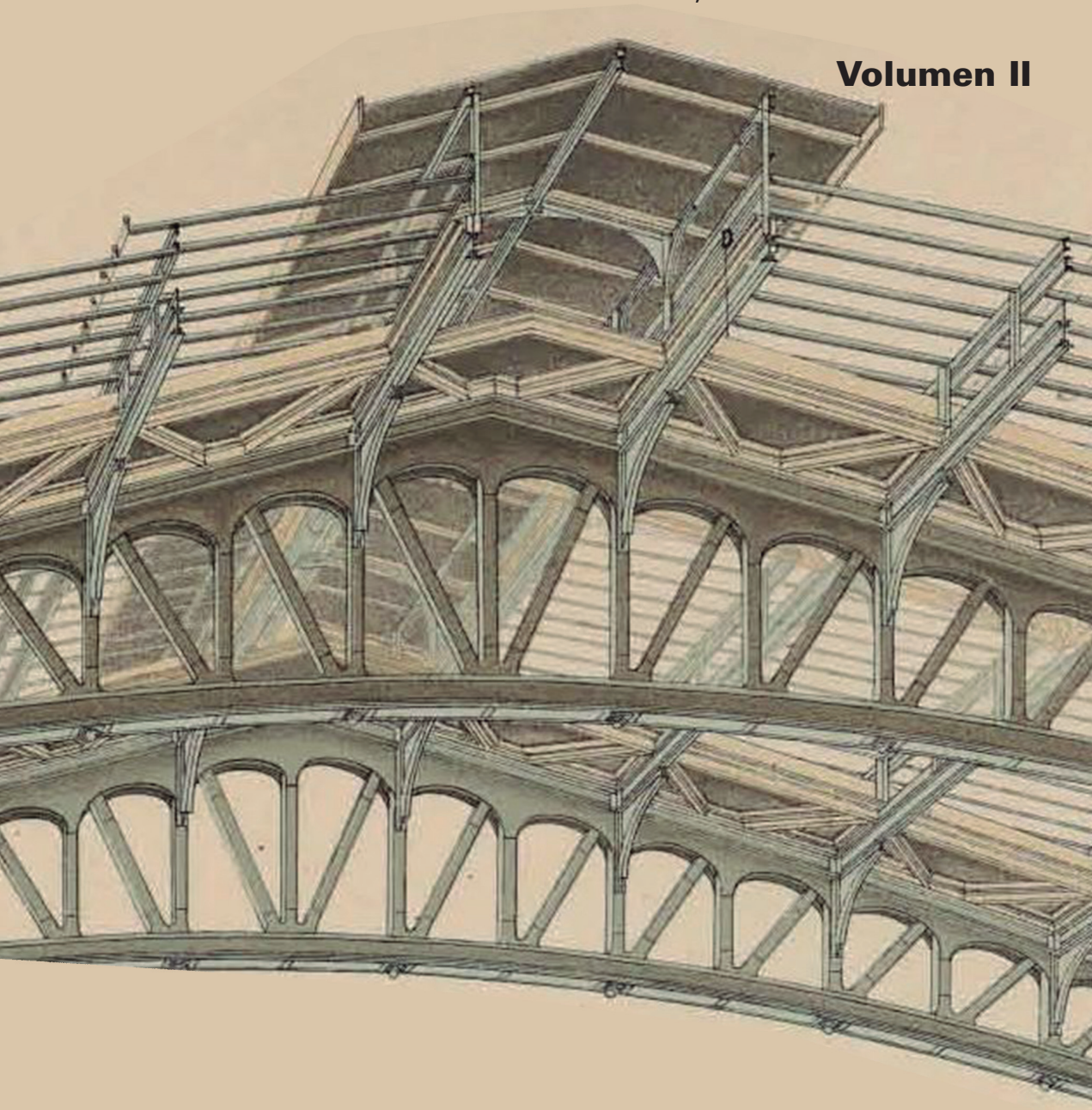
Actas del Duodécimo Congreso Nacional y
Cuarto Congreso Internacional Hispanoamericano de

# Historia de la construcción

Mieres, 4 a 8 de octubre de 2022

**Volumen II**



Instituto Juan de Herrera
Escuela Técnica Superior
de Arquitectura de Madrid

Textos sobre Teoría e Historia de las Construcciones
*Colección dirigida por* Santiago Huerta

M. Arenillas et al. (Eds.). **Actas del V Congreso Nacional de Historia de la Construcción**
F. Bores et al. (Eds.). **Actas del II Congreso Nacional de Historia de la Construcción**
A. Buchanan et al. (Eds.). **Robert Willis. Science, Technology and Architecture in the Nineteenth Century**
A. Casas et al. (Eds.). **Actas del I Congreso Nacional de Historia de la Construcción**
A. Choisy. **El arte de construir en Roma**
A. Choisy. **El arte de construir en Bizancio**
A. Choisy. **El arte de construir en Egipto**
A. Choisy. **Historia de la arquitectura** (en preparación)
J. I. Del Cueto et al. (Eds.). **Actas del III Congreso Int. Hispanoamericano de Historia de la Construcción**
P. Fuentes e I. Wouters (Eds.). **Brick vaults and Beyond. Transformation of a historical structural system**
I. J. Gil Crespo. (Ed.). **Historia, arquitectura y construcción fortificada**
J. Girón y S. Huerta. (Eds.) **Auguste Choisy (1841-1909). L'architecture et l'art de bâtir**
A. Graciani et al. (Eds.). **Actas del III Congreso Nacional de Historia de la Construcción**
R. Guastavino. **Escritos sobre la construcción cohesiva y su función en la arquitectura**
J. Heyman. **Análisis de estructuras: un estudio histórico**
J. Heyman. **El arco de fábrica**
J. Heyman. **El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica**
J. Heyman. **Equilibrio de cáscaras**
J. Heyman. **Geometry and Mechanics of Historic Structures**
J. Heyman. **La ciencia de las estructuras**
J. Heyman. **Teoría básica de estructuras**
J. Heyman. **Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica. 2 vols.**
J. Heyman. **Vigas y pórticos**
S. Huerta. **Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica**
S. Huerta (Ed.). **Actas del IV Congreso Nacional de Historia de la Construcción**
S. Huerta et al. (Eds.). **Actas del VI Congreso Nacional de Historia de la Construcción**
S. Huerta et al. (Eds.). **Actas del VII Congreso Nacional de Historia de la Construcción**
S. Huerta y F. López Ulloa (Eds.). **Actas del VIII Congreso Nacional de Historia de la Construcción**
S. Huerta y P. Fuentes (Eds.). **Actas del I Congreso Int. Hispanoamericano de Historia de la Construcción**
S. Huerta et al. (Eds.). **Actas del II Congreso Int. Hispanoamericano de Historia de la Construcción**
S. Huerta (Ed.). **Las bóvedas de Guastavino en América**
S. Huerta (Ed.). **Essays in the History of the Theory of Structures, in Honour of Jacques Heyman**
S. Huerta (Ed.). **Proceedings of the 1st International Congress on Construction History**
J. Ibáñez (Coord., Ed.). **Trazas, muestras y modelos de tradición gótica en la Península Ibérica, siglos XIII al XVI**
J. Ibáñez y B. Alonso. **El cimborrio en la arquitectura hispánica medieval y moderna**
J. M. Molero et al. (Eds.). **La construcción fortificada medieval**
J. Monasterio. **Nueva teórica sobre el empuje de las bóvedas** (en preparación)
J. R. Perronet. **La construcción de puentes en el siglo XVIII**
P. Plasencia-Lozano et al. (Eds.). **Actas del IV Congreso Int. Hispanoamericano de Historia de la Construcción**
H. Straub. **Historia de la ingeniería de la construcción** (en preparación)
G. E. Street. **La arquitectura gótica en España**
H. Thunnissen. **Bóvedas: su construcción y empleo en la arquitectura**
A. Truñó. **Construcción de bóvedas tabicadas**
E. Viollet-le-Duc. **La construcción medieval**
R. Willis. **La construcción de las bóvedas en la Edad Media**

Actas del XII Congreso Nacional y
IV Congreso Internacional Hispanoamericano de

# Historia de la Construcción

**Duodécimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción y Cuarto Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción. Mieres, 4 –8 octubre 2022**

**Organizado por**
Sociedad Española de Historia de la Construcción
Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos
Escuela Politéc. de Mieres - Universidad de Oviedo
Instituto Juan de Herrera

**Director**
Pedro Plasencia-Lozano

**Presidente de la SEdHC**
Santiago Huerta

**Comité de Honor**

Adrián Barbón Rodríguez. *Presidente del Principado de Asturias*
Ignacio Villaverde Menéndez. *Rector de la Universidad de Oviedo*
Aníbal Vázquez Fernández. *Alcalde de Mieres*
Jorge García López. *Viceconsejero de Infraestruct., Movilidad y Territorio. Principado de Asturias*
Ángel Martín Rodríguez. *Director de la Escuela Politécnica de Mieres*
Ricardo Aroca Hernández-Ros. *Presidente del Instituto Juan de Herrera*
Gamal Michelén. *Viceministro de Patrimonio. Ministerio Cultura. República Dominicana*

**Comité Organizador**

Marina Bargón García
Mª Pilar Castro García
Enrique Covián Regales
Virginia Flores Sasso
Marta García Diéguez
Ignacio Javier Gil Crespo
Mario López Gallego
Ángel Martín Rodríguez
Irene Méndez Manjón
Cristian Menéndez Fernández
Esteban Prieto Vicioso
Rogelio Ruiz Fernández
Juan Sevilla Álvarez

**Comité Científico**

NACIONAL

María del C. Adams Fernández
Inmaculada Aguilar Civera
Antonio Almagro Gorbea
María Soledad Álvarez Martínez
Ricardo Aroca Hernández-Ros
Jorge Bernabéu Larena
José Calvo López
Pepa Cassinello
Daniel Crespo Delgado
Manuel Durán Fuentes
Paula Fuentes González
María Pilar García Cuetos
Rafael García García
Ignacio Javier Gil Crespo
Francisco Javier Girón Sierra
Amparo Graciani García
Rosa Ana Guerra Pestonit
María del Mar Lozano Bartolozzi
Rafael Marín Sánchez
Gaspar Muñoz Cosme
Carlos Nárdiz Ortiz
Pedro Navascués Palacio
Elena Ortueta Hilberath
Enrique Rabasa Díaz
Esther Redondo Martínez
Rita Ruiz Fernández
Antonio Ruiz Hernando
Fernando Vela Cossío
Arturo Zaragozá Catalán

INTERNACIONAL

Bill Addis (Reino Unido)
Ignacio Arce (Jordania)
María de las Nieves Arias Incolla (Argentina)
Antonio Becchi (Italia)
Tamara Blanes (Cuba)
María Teresa Como (Italia)
Dirk Bühler (Alemania)
Mónica Cejudo Collera (México)
Xavier Cortés de la Rocha (México)
Beatriz del Cueto (Puerto Rico)
Juan Ignacio del Cueto (México)
Milagros Flores Román (Puerto Rico)
Virginia Flores Sasso (Rep. Dominicana)
Jorge Galindo Díaz (Colombia)
Pedro Augusto Hurtado Valdez (Perú)
Benjamín Ibarra Sevilla (México, EE.UU.)
Fabián López Ulloa (Ecuador)
Sandro Maino (Chile)
Joao Mascarenhas Mateus (Portugal)
Sandra Negro Tua (Perú)
John Ochsendorf (EE.UU.)
Esteban Prieto Vicioso (Rep. Dominicana)
María Isabel Sardón de Taboada (Perú)
Mónica Silva Contreras (Mexico)
Daniel Taboada Espinella (Cuba)
David Wendland (Alemania)

Actas del Duodécimo Congreso Nacional y
Cuarto Congreso Internacional Hispanoamericano de

# Historia de la Construcción

Mieres, 4 – 8 de octubre de 2022

*Edición a cargo de*
Pedro Plasencia-Lozano
Ana Rodríguez García
Rafael Hernando de la Cuerda
Santiago Huerta

*Prólogo*
Pedro Plasencia-Lozano

**Volumen II**

Instituto Juan de Herrera
Escuela Técnica Superior
de Arquitectura de Madrid

Organizan:

Sociedad Española de Historia de la Construcción

Instituto Juan de Herrera

EPM Escuela Politecnica de Mieres

Caminos — Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Universidad de Oviedo

Patrocinan:

Principado de Asturias

Oviedo.es Ayuntamiento

Concejo Mieres

Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas e Ingenieros Civiles - Principado de Asturias -

Confederación Asturiana de la Construcción Asprocon

Ruta

aqualia

Citanias

fcc Construcción

Boprisa

Colegio Oficial de Arquitectos de Asturias

Colegio de Aparejadores Asturias

La Ribera — Ayuntamiento Ribera de Arriba Asturias

Esta actividad cuenta con el apoyo del Gobierno del Principado de Asturias a través de la FICYT:

Gobierno del Principado de Asturias — Consejería de Ciencia, Innovación y Universidad

iasturias Innovación

FICYT

Congreso subvencionado por la Universidad de Oviedo:

Universidad de Oviedo

© Instituto Juan de Herrera

ISBN: 978-84-946000-2-9 (Obra completa); ISBN: 978-84-946000-4-3 (Vol. II)
Depósito legal: M-22631-2022
Portada: Estación de Lille. A. Vierendeel 1901. La construction Architecturale en fonte, fer et acier. vol. 2. Planche 89.
Fotocomposición e impresión: GRACEL ASOCIADOS S.L.L.
Distribución y venta: Libros Juan de Herrera - librosjuandeherrera.wordpress.com

# Índice

**Volumen I**

Prólogo. *Pedro Plasencia-Lozano* xi

Comunicaciones

*Addis, Bill.* El uso de modelos de medición por parte de los diseñadores de proyectos de ingeniería hidráulica de superficie libre, años 1870-2020 1

*Ampliato Briones, Antonio Luis; Juan Clemente Rodríguez Estévez.* En la estela de Diego de Riaño: la iglesia de Santa María de la Oliva de Lebrija y su transformación en los albores de la edad moderna 13

*Antuña, Joaquín*. La construcción de depósitos en el siglo XX, José Eugenio Ribera, Ildefonso Sánchez del Río y Eduardo Torroja 25

*Arimateia, Karine de*. La verticalización de las ciudades brasileñas: el caso de los edificios Sulacap y Sul América 35

*Arribas Lobo, Pablo; Eusebio Dohijo*. La muralla romana de "Termes". Arquitectura, materiales y técnicas constructivas 47

*Arrieta Berdasco, Valentín; Ángela Ferreira Martínez.* En madera y piedra: análisis constructivo de los cabazos de tipo Mondoñedo en el curso medio del valle del Navia (Asturias) 59

*Arteaga Botero, Gustavo Adolfo*. Sistemas constructivos en la Colonia temprana. El siglo XVI como período de transiciones técnicas en Colombia 69

*Azevedo Salomao, Eugenia María*. Políticas higienistas y obras públicas. Caso de estudio: Morelia, Michoacán, México 79

*Barreiro Roca, José Carlos*. Las nuevas tipologías estructurales de madera en la Galicia del s. XVIII. El Arsenal de Ferrol como paradigma 89

*Barroso Becerra, Manuel*. La capilla funeraria de los Carrizosa (s. XV) en la Iglesia de San Juan de los Caballeros de Jerez de la Frontera (Cádiz, España). Singularidades constructivas 99

*Batlle Pérez, José M.* Fragmentos de azulejos sevillanos del siglo XVI hallados en antiguas casas de la Ciudad Colonial de Santo Domingo 113

*Bellido, Rosa.* El puente de piedra sobre el Pisuerga en Simancas. Una aproximación histórico-constructiva 125

*Bühler, Dirk.* Pasajes ferrocarrileros por el istmo de Tehuantepec anteriores a 1914 139

*Burgos Núñez, Antonio.* El puente sobre el río Caudal en Mieres. Dos realizaciones significativas en los comienzos del hormigón armado en España 149

*Cabecera Soriano, Rubén; Sete Álvarez Barrena*. El Lavadero de Lanas de La Concepción en Mérida: caracterización e historia de una arquitectura industrial trashumante 161

*Cacciavillani, Carlos Alberto*. La tecnica costruttiva del Mercato Centrale di San Lorenzo a Firenze 173

*Cano Murillo, Enrique Martín*. El edificio principal del Museo de Arte de Ciudad Juárez (MACJ). El ingenio frente a los retos de la Construcción 183

*Cárcamo Martínez, Joaquín*. Un legado británico en la industrialización vasca. Los talleres de máquinas y calderas y de artillería de los Astilleros del Nervión, en Sestao 191

*Carreño Soler, José Javier.* La explotación del mármol de Sierra de los Filabres (Almería): los ferrocarriles de vía estrecha de Macael y Cobdar a principios del s. XX 201

*Cejudo Collera, Mónica.* Seguridad sísmica, reto constructivo del Fuerte de San Diego de Acapulco en el siglo XVIII 211

*Cervilla García, Alejandro*. Breve historia de cómo Mies descubrió la estructura y vio que era hermosa 225

*Chamorro, M. A.; R. Ripoll; J. Fontas; E. Gifra*. La construcción de la capilla de San Narciso en la iglesia de San Félix de Girona 239

*Collado Espejo, Pedro Enrique*. La techumbre ochava con lacería de la iglesia de Ntra. Sra. de La Concepción, en Cehegín (Murcia) 251

*Compte Guerrero, Florencio.* Inicios de la industria cementera en Ecuador 259

*Contreras Lara, Carla*. El discurso escolástico en la arquitectura neogótica mexicana: Templo de la Inmaculada Concepción de María, Angangueo, Michoacán 269

*Contreras Padilla , Alejandra*. Los Tratados de Arquitectura y las construcciones del siglo XVIII en México. Caso de Estudio: El Tratado de Arquitectura Oblicua de Juan de Caramuel 279

*Correa Baeriswyl, María Victoria; Liuba Alberti Zurita*. Fortificaciones coloniales de Valdivia, Chile. Restauraciones a mediados del siglo XX 289

*Cortés Rocha, Xavier*. Arte, condiciones y traza: El punto de inflexión de las catedrales mexicanas 301

*Díaz del Campo Martín-Mantero, Ramón V.* Lo vernáculo como materia de la modernidad. Miguel Fisac y el Instituto Laboral de Daimiel 311

*Domouso de Alba, Francisco José*. El puente de "la Perra" sobre el río Caudal en Mieres 321

*Escalante, María Isabel*. Centro Urbano Tradicional de Covadonga, Municipio Aguada de Pasajeros. Su patrimonio industrial 331

*Ezquerra, Iñigo*. Bóvedas nervadas por cruceros concéntricos en Álava y su entorno 341

*Fernández Correas, Lorena*. La iconografía medieval en el estudio de los medios auxiliares en la construcción: materiales, herramientas y oficios 353

*Fernández Rodríguez, Begoña; Juan M. Monterroso Montero*. El aprendizaje de la tragedia. La rotura de la presa de Vega de Tera y sus consecuencias en la construcción de embalses 369

*Ferreira-Lopes, Patricia; Carlos Mateo Caballos; Stefania Landi*. La historia y fundamentos de la construcción de la Red Nacional de Silos mediante un análisis comparativo entre España, Italia y Portugal 381

*Flores Román, Milagros*. La influencia del general Henri Alexis Brialmont en las defensas de San Juan de Puerto Rico durante finales del siglo XIX 395

*Flores Sasso, Virginia*. Puente colgante sobre el rio Higuamo. El más largo del Caribe en 1934 403

*Frechilla Alonso, M.ª Almudena; M.ª Ascensión Rodríguez Esteban; Noelia Frechilla Alonso.* La recuperación de estructuras históricas para uso docente: análisis constructivo del Colegio Universitario de Zamora 413

*Galindo-Díaz, Jorge; Camilo Mejía Clavijo; María Juliana Hernández Quiroga*. El arquitecto Álvaro Ortega y el uso de la técnica del hormigón al vacío en la construcción de cubiertas para viviendas y naves industriales en Colombia (1950-1955) 421

*García Cuetos, María Pilar*. Desmonte y traslado de monumentos en el valle de Riaño, León, en el último cuarto del siglo XX. El epígono de la experiencia española en el desplazamiento de edificios 433

*García Cuetos, Mónica*. La labor del ingeniero de Caminos José Eugenio Ribera en el municipio de Mieres (1896-1902) 443

*García García, Rafael*. Láminas plegadas de hormigón en España II. Un panorama complementario 453

*Gil Crespo, Ignacio Javier; Estefanía Herrero García*. Encadenados y refuerzos de madera en la construcción de la ciudad romana de Bilbilis (Calatayud, Zaragoza) 463

*González Duque, Carlos*. "Que no desdigan unos de otros": la conservación del patrimonio arquitectónico del ducado del Infantado en el siglo XVII 475

*González Gottdiener, Isaura.* El Centro Cultural Universitario de la Universidad Nacional Autónoma de México: detonante de la tercera etapa de construcción de la Ciudad Universitaria 485

*Guerra-Pestonit, Rosa Ana*; *Paula Fuentes*. Geometría y estabilidad de la iglesia de San Martiño de Salcedo: Reglas tradicionales y cálculo científico 497

*Guerrero Vega, José María; Francisco Pinto Puerto*. La reforma de los pilares de la iglesia parroquial de San Miguel de Jerez de la Frontera en el siglo XVI 507

*Hernández Hernández, Agustín*. Función estructural de los arcos botareles superiores en el equilibrio sismorresistente de bóvedas 519

*Hipólito Ojalvo, Francisco*. El sistema constructivo del Mercado del Hierro en Badajoz. Evolución histórica hasta rehabilitarse como salón de actos de la Universidad de Extremadura 535

*Hueto Escobar, Alicia; Fernando Vegas López-Manzanares; Camilla Mileto*. El proceso constructivo de los muros entramados de madera según los tratados españoles del siglo XIX: Análisis de la implementación de los criterios y recomendaciones en los ejemplos conservados en España 545

*Hurtado-Valdez, Pedro*. La influencia constructiva del balcón canario en el desarrollo del balcón «de cajón» en el Virreinato de Perú 555

*La Spina, Vincenzina; Federica Scibilia*. El proyecto de Carlos Mancha Escobar para la antigua Casa Consistorial de Cartagena, España (1883-1885): arquitectura y técnica 565

*Lage Cal, Susana; María Belén Folgueras Díaz; Juan Carlos Luengo García.* Historia y adaptación a un uso contemporáneo mixto de una residencia decimonónica asturiana: la Casa Busquets 577

*Lizundia Uranga, Iñigo; Eneko Jokin Uranga Santamaría; Maialen Sagarna Aramburu; Lauren Etxepare Igiñiz; Leire Azcona Uribe; Itziar Rodríguez Oyarbide.* La excepcional construcción de las plantas sótano del conjunto residencial de Los Amezketa, 15-17-19-21 en San Sebastián 587

*Lluis-Teruel, Cinta; Josep Lluis i Ginovart*. La superposición de arquitecturas en el perfil del gótico meridional 599

*López-Ulloa, Fabián S.; Luis Enrique Chávez Rubio; Santiago Suárez Abril; Andrea Cristina Goyes Balladares*. La casa de Pedro Fermín Cevallos en la tradición constructiva de Ambato, Ecuador, a finales del s. XIX y principios del s. XX 607

**Volumen II**

*Lozano Bartolozzi, María del Mar; Marina Bargón García*. El Silo de Trujillo, un ejemplo de arquitectura industrial en la penillanura trujillano-cacereña 615

*Maino Ansaldo, Sandro; Daniela Gil Brignardello; Matías Correa Díaz*. Innovaciones en la construcción en Valparaíso después del terremoto de 1906 625

*Mamani Fuentes, Francisco*. La carpintería de armar en el virreinato del Perú 637

*Marín Sánchez, Rafael; Arturo Zaragozá Catalán*. Cimentación busca edificio: el caso de la torre del MuVIM de Valencia 647

*Marrero, Alain*. El edificio de la Port of Havana Dock Co. La más avanzada construcción portuaria en la Habana de la primera mitad del siglo XX 657

*Martín Domínguez, Beatriz; Miguel Sancho Mir; Gaspar Muñoz Cosme*. Análisis de la fábricas murales de las torres de las masías fortificadas del maestrazgo turolense 665

*Martín Jiménez, Carlos; Julián García Muñoz*. Dos casos de recuperación de las bóvedas tabicadas en la construcción de vivienda nueva en la región de Madrid 677

*Martín Sánchez, Julio*. El monumento neoclásico de la catedral de Toledo: arquitectura efímera y perdurable 687

*Martínez Aguilar, Gladys*. De la tratadística a las obras: la construcción de los almacenes de pólvora en la Nueva España 697

*Matoses Ortells, Ignacio.* Recuperando un conjunto excepcional de molienda. El Plan Director dels Molíns del Passiego 709

*Mazzanti, Claudio; Federico Bulfone Gransinigh*. Strutture proto-industriali lungo la valle del fiume Aterno in Abruzzo 715

*Méndez Manjón, Irene*. El ferrocarril secundario de Lieres, en Asturias, ejemplo de infraestructura ferroviaria de 1901 725

*Molotla Xolalpa, Pedro Tlatoani*. Integración de la madera en los sistemas constructivos de la frontera norte de México en el primer tercio del s. XX. Cubiertas y entrepisos elementos básicos para la introducción y desarrollo de la construcción en madera 735

*Mora Vicente, Gregorio Manuel*. Un “libro de quentas” para la historia de la construcción del siglo XVI 745

*Muñoz Sánchez, Pedro A*. Técnicas de construcción hispano-indígenas en el acueducto de Huejotzingo, México 755

*Nárdiz Ortiz, Carlos*. Cuatro ingenieros de caminos del siglo XX en España 765

*Negro, Sandra; Samuel Amorós*. La inusitada tecnología constructiva en la capilla de San Francisco Xavier de Nasca durante el siglo XVIII en Ica, Perú 777

*Onecha, Belén; Alicia Dotor*. El incomprensible equilibrio de la cúpula del templete neoclásico del parque Torreblanca 787

*Orfeo, Benedetta; Javier León; Daniel Crespo*. La construcción de las cimentaciones de puentes y sureparación en un tratado excepcional: la "Arquitectura hidráulica en la fábrica de puentes" (1768) del Padre Pontones 795

*Ortueta Hilberath, Elena de*. El puerto de Tarragona y la reconstrucción del muelle de levante 805

*Pacho Fernández, María Jesús*. Desarrollo constructivo y funcional de una casa-torre guipuzcoana. De arquitectura defensiva a casa palacio (siglos XIV-XX) 817

*Paco Gabarrón, Ramón de; Pau Natividad Vivó; José Calvo López; Sebastián F. Ramallo Asensio*. Propuesta de interpretación sobre los medios de elevación utilizados en la muralla púnica de Cartagena 827

*Pañeda Ruiz, José Manuel*. El fuerte de Castil León: el testimonio de los documentos 837

*Pérez Gallego, Francisco*. El fallido proyecto de la neoclásica iglesia parroquial de Puerto España, en Trinidad de Barlovento (1787) 847

*Pimenta do Vale, Clara*. La prefabricación en Portugal, entre los deseos de los técnicos y la realidad del país. Ejemplos pioneros 857

*Piñuela, Mila*. La medina en la construcción con mocárabes en occidente 869

*Pitarch Roig, María; Laura Guiomar Mantecón Tagarro; Pasqual Herrero Vicent; Joaquín Alfonso Llorens*. El Castillo de Segart (Valencia). Aproximación métrico-constructiva y análisis de singularidades 879

*Plasencia-Lozano, Pedro; Rita Ruiz Fernández*. El tranvía eléctrico de Oviedo, ejemplo de infraestructura urbana de principios del siglo XX 889

*Pons Poblet, Josep María; Alba Arboix Alió*. Ferrocarriles industriales en estructura metálica: distintas normativas en la España del siglo XX 903

*Porraz Castillo, Ana Marianela; Yolanda Muñoz Lozano; Juan Pablo Pekarek*. La tradición francesa del hormigón armado en arquitectura en Chile, Argentina y México. Transferencias y adaptaciones de saberes y prácticas técnicas, 1890-1930 915

*Prieto Vicioso, Esteban*. Hacienda Santa Ana de Engombe. Un enclave azucarero del siglo XVI en la isla de Santo Domingo 929

*Rabasa Díaz, Enrique; Ana López Mozo; Miguel Á. Alonso Rodríguez*. Técnica y forma del sistema de bóvedas de ladrillo por hojas en las fuentes escritas españolas 939

*Ramírez de León, Mario Raúl*. José de Porres y el arte de construir iglesias en Santiago de los Caballeros de Guatemala en el siglo XVII 949

*Ramón-Laca Menéndez de Luarca, Luis*. Arcos apuntados en la Mezquita de Córdoba 959

*Redondo Martínez, Esther; Francisco Javier Castilla Pascual*. Sistemas constructivos en los pueblos del I.N.C. de la provincia de Badajoz: bóvedas tabicadas vs. forjados autárquicos 969

*Roca Pezzotti, Linda María*. Sistema de abastecimiento de agua en la ciudad de Santo Domingo en el siglo XVI. Pozos, aljibes y fuentes 985

*Rodríguez Bada, Marta*. De la central de Camarmeña a la central de Arenas, la llegada del Movimiento Moderno a Cabrales 993

*Rodríguez García, Ana; Rafael Hernando de la Cuerda*. Ventilación y estructura metálica en terrados y azoteas en edificios de entramado de madera en el casco histórico de Madrid 999

*Rodríguez Espinosa, Claudia; J. Antonio Estrella Pozo; Erika Elizabeth Pérez Múzquiz*. Arquitectura hacendaria del siglo XIX: El caso de la Ex Hacienda el Molino en Michoacán, México 1013

*Rosón Mozos, Miguel.* El Taray: economía y tradición en la construcción del lienzo norte de Segovia 1023

*Rouco Collazo, Jorge; José Mª Martín Civantos*. Las técnicas constructivas de las fortificaciones medievales de la Alpujarra granadina (siglos VIII-XV) 1035

*Ruiz-Bedia, María-Luisa*. Cuatro centrales hidráulicas en el valle del Nansa: historia de su construcción y aportaciones para su comprensión 1045

*Ruiz Fernández, Rogelio*. Apuntes arquitectónicos sobre el palacio del Naranco, Asturias 1055

*Saborido Forster, Gustavo Adolfo; Eduardo Mosquera Adell; María Mercedes Ponce Ortiz de Insagurbe.* Azudes y qanats, acueductos y tajamares. La arquitectura industrial hidráulica en Andalucía y Nueva Andalucía (Córdoba, Argentina) 1065

*Sáez Pérez, M. P.; M. S. Camino Olea; A. Llorente Álvarez; A. Cabeza Prieto; A. B. Ramos Gavilán*. Las naves de los talleres de Fundición Gabilondo en Valladolid. Estudio del diseño constructivo de la estructura metálica 1077

*Salgado Pantoja, José Arturo.* Los pórticos parroquiales del románico hispano: construcción y ocaso de una tipología arquitectónica 1087

*Silva Contreras, Mónica*. El concreto al vacío en México: El Conjunto Urbano Peñón San Juan de Aragón 1097

*Torres Garibay, Luis Alberto*. El Troje: vivienda de madera ensamblada en la Sierra Purépecha de Michoacán, México 1107

*Vargas Chávez, Jaime Alberto*. Un caso singular de cubierta en el seminario tridentino de San Pedro de Valladolid de Michoacán, nueva España (siglo XVIII) 1117

*Vela Cossío, Fernando*. Arquitectura tradicional y construcción de «piedra seca» en la Sierra del Rincón (Madrid) 1129

*Verdejo Gimeno, Pedro; Pablo Navarro Camallonga; Verónica Llopis Pulido; Gracia López Patiño.* El acueducto de la Cartuja de Santa María de Porta Coeli: construcción y avatares de una obra de arquitectura e ingeniería en funcionamiento 1139

*Villate, Camilo*. La escuela del concreto en Bogotá 1950-1970s, una carrera por la innovación 1149

*Vivas, Julio; Nicolás Vallina*. Evolución y estrategias de protección por diseño de los puentes de madera en Europa 1161

*Zayas Rubio, Lynne*. Las techumbres del primer convento de monjas de La Habana: carpintería de lo blanco habanera del siglo XVII 1167

Lista de autores 1177

Índice de autores 1181

# El Silo de Trujillo, un ejemplo de arquitectura industrial en la penillanura trujillano-cacereña

María del Mar Lozano Bartolozzi
Marina Bargón García

## Introducción y antecedentes

Trujillo es una población de la provincia de Cáceres con un relevante patrimonio histórico artístico. Su pasado nos remonta a la Turgalium prerromana, pasando por una etapa romana, la importante etapa islámica con su sobresaliente castillo y la posterior medieval cristiana, hasta llegar a la época moderna con el desbordamiento de su urbanismo fuera de la «villa» intramuros por la plaza Mayor y la construcción de numerosos ejemplos de casas señoriales más arquitectura religiosa. Su conjunto de murallas, arquitectura militar, religiosa y civil, la hacen acreedora del nombramiento de Bien de Interés Cultural con categoría de Conjunto Histórico desde el año 1962 (VV.AA. 2006,708-714).[1]

Destaca así mismo por su paisaje cultural, configurado por su situación sobre el altozano de un amplio berrocal cuyas piedras graníticas visibles no solamente le han proporcionado material para la construcción, sino elementos pintorescos en un panorama de la penillanura trujillana enormemente singular. Un paisaje histórico con su enhiesto castillo y un paisaje agrario rural, al estar situada en una vía pecuaria. Un paisaje con un nuevo *skyline* desde los años setenta del pasado siglo, al que ha contribuido una de las denominadas por Rossi catedrales del grano[2].

La economía fundamentalmente agropecuaria de Trujillo supuso que fuera una de las poblaciones donde se proyectara un silo en los años 1946-1947 para almacenar el grano por el Servicio Nacional del Trigo. Años después (1953) se amplió para formar dos cuerpos con una capacidad de 2000 T, y fue convertido el año 2014 en el Centro Integral de Desarrollo "iNovo". Un silo con la tipología propia de los primeros que se hicieron:«basada en las paredes de las celdas mediante muros de ladrillo cerámico armado. Es esta una característica específica de nuestros silos, que se ha venido manteniendo hasta los últimos años de construcción de los mismos» (Azcárate 2002, 6). Unos silos con una arquitectura de líneas geométricas y, en el comienzo, con elementos ornamentales en enlucidos exteriores, zonas de mampostería y bandas pintadas en otros tonos (figura 1).

El año 1973 se construyó un nuevo silo en la localidad, esta vez uno de los 25 macro-silos que se edificaron en España con una arquitectura más austera, donde la funcionalidad y economía era lo más importante, y el tratamiento formal se desarrolló con un lenguaje abstracto y en cierto modo impersonal. Un lenguaje donde no hay búsqueda de estilo sino respuesta intelectual racionalista a la utilidad, junto a la perfección mayor de la maquinaria interior (figura 2).

La historia de los silos en España nos remonta al año 1932 cuando se inicia la organización de una red nacional de silos (Miranda 2009, 3), si bien fueron construidos de forma sistemática y programada, cuando el gobierno de Francisco Franco promulgó el año 1937en la ciudad de Burgos el Decreto Fundacional del Servicio Nacional del Trigo, bajo la consideración que el Estado debía controlar el mercado de grano, convertido en monopolio, y se regulasen los

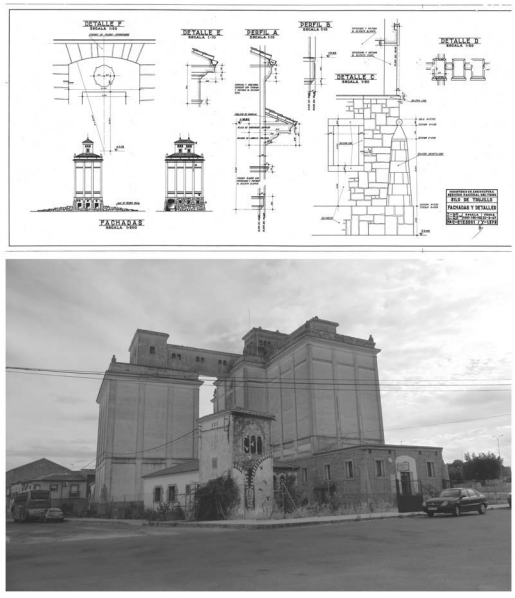


Figura 1
Proyecto silo de Trujillo, 1947 (AH. CEA.). Silo actual con la ampliación de 1953 (MMLB.)

Figura 2
Macrosilo de Trujillo. Fotografías actuales (MMLB)

precios con la finalidad de garantizar el aprovisionamiento del mismo a toda la sociedad, independientemente de las cosechas anuales. A partir de entonces se emprende la obra de los numerosos silos que ya en el caso de los macrosilos se hicieron mucho más complejos. Edificios construidos con distintos materiales de fábrica que, tras la compra de cereales a los agricultores, lo almacenaban en condiciones óptimas con un sistema muy perfeccionado de estanqueidad controlada para impedir las agresiones de la humedad, la fermentación y los insectos, fundamentalmente el gorgojo. La combinación de espacios o depósitos para el almacenaje y la compleja maquinaria que tenían para limpieza del grano con tratamientos fitosanitarios y refrigeración del grano, la selección y extracción y distribución programada, hacían de estas edificaciones una suerte de casa máquina.

Eso dio lugar a la Red Nacional de Silos y Graneros, dentro del citado Servicio Nacional del Trigo, que empezó a formarse en 1940, al que sucedió en 1968 el Servicio Nacional de Cereales (SNC). Los primeros silos se hicieron en el año 1949, aunque la inauguración oficial de la Red no se produjo hasta 1951 con el silo de Córdoba. Se construyeron en total 667 silos verticales en la Red de Silos y Graneros entre 1949 y 1986 cuando dejó de funcionar definitivamente dicho servicio (Azcárate2002, 59).

A partir del año 1978, los silos fueron construidos por el denominado desde entonces SENPA (Servicio Nacional de Productos Agrarios) dependiente del Ministerio de Agricultura. Este servicio permaneció activo hasta final de 1995. Los silos se construyeron hasta 1990. Desde entonces dejaron de tener utilidad al liberarse los precios de los cereales y terminar el monopolio del mercado, siendo esta la causa de su clausura.

El SNC clasificó los silos construidos según 20 tipologías diferentes, una clasificación que varió muy poco en la etapa del SENPA,[3] si bien Azcárate (2009) ha clasificado 35.

Las referencias de los silos realizados en el siglo XX nos remontan a los construidos en el siglo XIX en América con marcada verticalidad (Banham 1999), pero también a los proyectados en el siglo XX por autores rusos, franceses, alemanes y holandeses de vanguardia como El Lissitzky, Le Corbusier, Mendelshon (Azcárate 2009) o incluso bajo la estética japonesa, que fueron modelo cuando la construcción de silos y otras arquitecturas industriales se vio dominada por la línea recta y la abstracción geométrica (Pozo 2011).Sin embargo, en la concepción de los españoles, la influencia fue directamente alemana (Azcárate2002, 59).

Los silos de almacenamiento de cereales son unas construcciones pertenecientes al patrimonio industrial que jalonan distintos hitos en las poblaciones de nuestro país, con diverso estado de conservación. Su

valoración es desigual. En la actualidad su falta de utilidad ha hecho que se hayan puesto a la venta o hayan sido protegidos en algunos casos como Bien de Interés Cultural, e incluso dedicados a fines distintos según la voluntad e imaginación de las administraciones correspondientes, al ser cedidos algunos a los ayuntamientos o haber sido adquiridos por empresarios. Ejemplo es el proyecto *Titanes* que incluye 10 silos de la provincia de Ciudad Real convertidos en base de grandes murales o el silo de Belorado transformado en el Museo Internacional de Radio Transmisión «Inocencio Bocanegra». Otros ejemplos se han producido en diversos países como estudió Andrea Salazar (2014, 42-90).

## El silo de Trujillo

Como hemos comentado en Trujillo se hizo un primer silo, pero la necesidad de ampliar los depósitos del trigo llevó a la edificación de uno nuevo que se añade a los que se construyeron en la región extremeña dentro de la RNS. Los autores del proyecto fueron el arquitecto Juan Laguna Caro, el ingeniero de caminos Adrián de la Joya y el ingeniero agrónomo Fidel Fernández Fábrega. Las firmas de los mismos aparecen en los planos iniciales de 1973.4 La obra se termina en 1976. El silo es de tipo «T Macro-Silo», según la clasificación del SNC. Es decir: un tipo denominado de Tránsito. Lo cual significa que eran:

> …capaces de realizar simultáneamente operaciones de carga, descarga, limpieza y selección de semillas gracias a unas importantes instalaciones mecánicas. Su mayor capacidad y situación estratégica compensan las necesidades de los restantes silos, convirtiéndose en eje vertebrador de la Red. Junto con los tipos A y B, fueron los primeros en ser construidos… Pero en la década de los años 1970 cambió la política agraria internacional hacia silos de gran volumétrica, desarrollándose los conocidos bajo el nombre de «macro-silos», cuyas funciones debían ser idénticas al primigenio tipo T, pero cuyas características constructivas difirieron radicalmente…Hubo cinco modelos distintos, que se consideran como variantes … [entre ellos]TC: silo de tránsito con acceso de vehículos bajo celdas para carga directa. Celda de sección cilíndrica elevada e intercalares en estrella, como el de Trujillo. (Moreno 2014, 9)

La construcción del silo fue motivo de controversias a causa de su situación, que si bien periférica, se consideraba muy visible desde algunos kilómetros a la redonda del conjunto urbano. No gustó el material empleado y las formas de los paramentos con el hormigón a la vista, es decir, el estilo "brutalista" de las texturas del material, algo que sin embargo hoy día se valora como apuesta clara por la funcionalidad, la economía y la modernidad. Su construcción se debió, no a la producción de la zona, como era habitual, sino al alto consumo de cereales por parte de la abundante cabaña de ganado ovino y vacuno del territorio[5], por lo que era obligado comprar el cereal en otras regiones.

## Historia y características técnicas

El terreno para la construcción del silo es adyacente al del silo que ya existía. Un terreno de 10.000 m$^2$ que pertenecía al Ayuntamiento de Trujillo, en la zona denominada Campo de San Juan. Lindaba al norte con Camino de la Ronda, al sur y al oeste con el resto de la finca de la que se segregaba y al este con la carretera N-V de Madrid a Portugal. Cuando

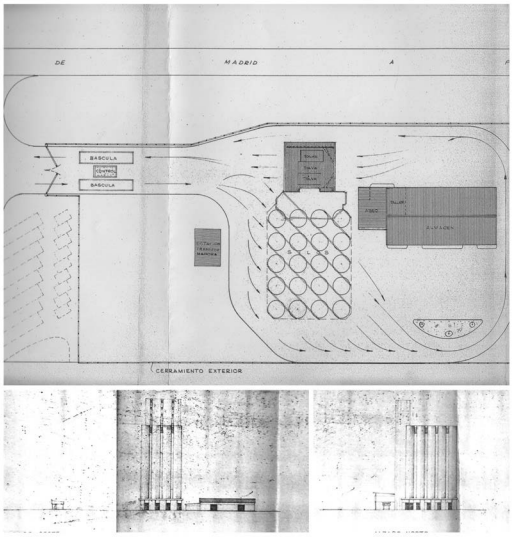



Figura 3
Proyecto para silo de cereales en Trujillo. Planta general y alzados. 1973. E. 1:500. Juan Laguna Caro. Adrián de la Joya Castro. Fidel Fernández Fábrega. (AH.CEA.)

se expropió, a su propietario, el propio Ayuntamiento, se indicaba en el informe que la finca no tenía siembra ni labores de ninguna clase[6]. Durante el año 1972 se procede a la delimitación del terreno que sería expropiado, después de haber hecho una tasación el perito correspondiente por parte del Ministerio de Agricultura, para la construcción de un silo de cereales, una obra de utilidad pública, según la documentación que se conserva en el Archivo Municipal. La cantidad estipulada para la expropiación fue de 892.500,00 pesetas. Con todas las construcciones anexas ocupa un área de 1.810,42 m² y una superficie construida de 3.879,72 m² (B.O.E. 3021). El silo es denominado en el expediente del ayuntamiento: el silo gigante (figura 3).

Como hemos escrito antes es un silo tipo TC con la planta baja en zigzag para facilitar la construcción de las puertas a cada depósito y a partir de ella las celdas que dan lugar a una fachada con secuencia semicilíndrica, de 5 cilindros en los lados mayores y de 4 cilindros en el frente menor. Se añade en el otro frente menor la elegante torre de elevación frontal con escalera de acceso en un lateral. Exteriormente la torre es asimétrica, tiene un perfil poligonal de líneas rectas, con entrantes y salientes, perforada con ventanas. Sobresale por su mayor altura sobre el resto de la construcción. La cubierta es plana (figura 4).

El silo es uno de esos edificios máquina, como los denomina Alberto Moreno (2014), con una compleja organización interior. Una maquinaria que supone la evolución mencionada al principio con equipos sofisticados como corresponde a los silos construidos desde los años setenta (Fernández et al. 2020, 16).

La obra fue convocada en 1973, por el Servicio Nacional de Productos Agrarios del Ministerio de Agricultura que por primera vez en España sacaba a concurso la construcción por el procedimiento de encofrados deslizantes, de once macrosilos de hormigón armado. Unos silos distribuidos por todo el territorio español, con un plazo de ejecución de dieciocho meses.

La empresa Ferrovial resultó adjudicataria de las obras de construcción de cinco de esos silos: 1. Silo de 20000 toneladas en el Polígono de Henares – Guadalajara. 2. Silo de 15000 toneladas en Trujillo- Cáceres. 3. Silo de 20000 toneladas de El Cuervo-Cádiz. 4. Silo de 15000 toneladas en Cariñena-Zaragoza. 5. Silo de 15000 toneladas en Peñaranda de Bracamonte-Salamanca.

Los de Trujillo y el de Peñaranda de Bracamonte tienen las mismas características, tanto de planos como constructivas, por lo que se compone igualmente de 20 celdas redondas que pueden albergar 600 toneladas cada una, más 12 celdas hexagonales de lados curvilíneos aprovechando los espacios entre las celdas circulares, cada una de las cuales tiene 250 toneladas de capacidad, es decir 32 celdas que aprovechan el espacio al máximo[7]. El silo de Peñaranda de Bracamonte Fue proyectado por los mismos autores que el de Trujillo y consideramos que los planos fueron intercambiados.

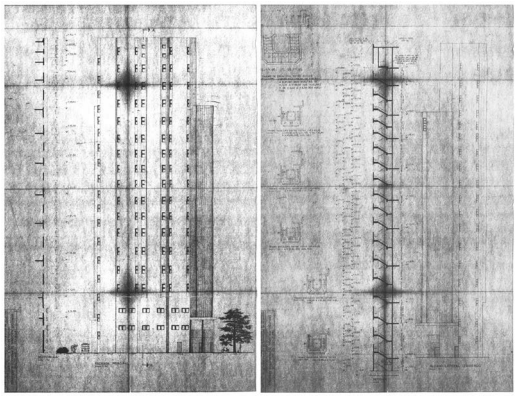


Figura 2
Plano de la Fachada principal del silo. Y – 14.804. Febrero, 1975; plano de la Escalera de acceso a toda la torre de maquinaria. Y –14.805. Febrero, 1975.(AH.CEA.)

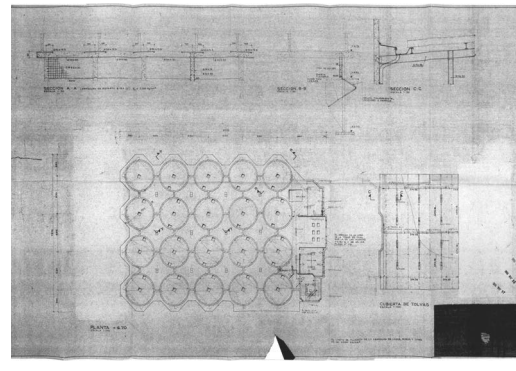


Figura 5
Plano de la Planta + 6.70 y cubierta tolva. Y – 12.579. Junio, 1973. (AH. CEA)

Según datos de la empresa (figura 5):

> Estos cinco silos responden a tres concepciones distintas de proyecto: una de celdas circulares y dos de celdas hexagonales, de diferente disposición y lado, que quedan recogidas en el cuadro de características y en los planos. Debido a la simultaneidad de ejecución de los cinco proyectos exigida por el concurso, así como las considerables distancias entre ellos, se ha necesitado el empleo de cinco equipos totalmente independientes y de una planificación meticulosa en la ejecución de las distintas fases de las obras. (Ferrovial 1975)

Se conservan diversos planos de planta general, alzados, maquinaria[8], en el FEGA(Fondo Español de Garantía Agraria) y en el AH. CEA (Archivo Histórico. Centro de Estudios Agrarios, Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Población y Territorio de la Junta de Extremadura. El lenguaje del silo es racionalista, relacionado con otras construcciones contemporáneas españolas y extranjeras de sistemas estructurales similares.

Las imponentes dimensiones del silo de Trujillo y la modernidad de la construcción, junto con la solución estructural (el perímetro edificado consiste en un muro continuo de hormigón armado que se pliega formando una suerte de tubos), es ejemplo de los llevados a cabo en una etapa avanzada, alejados en sus técnicas constructivas y tecnología industrial de los realizados en una primera tanda con materiales más tradicionales, como por ejemplo el singular silo de Mérida. Sin duda uno de los cálculos que se tenían que hacer era el de los esfuerzos de las celdas por el vaciado de los cereales que según explica Moreno se resuelve teniendo en cuenta que:

> Actualmente la normativa de silos resuelve dicho problema mediante un coeficiente de sobre-presión por vaciado que se aplica cuando se calcula el empuje horizontal de la construcción y cuyo valor, según la norma europea (Eurocódigos estructurales), dependerá de cuál sea el material ensilado. (Moreno 2014, 2)

## Características constructivas

El silo tiene una superficie en planta de 890 m². El proyecto comprendía además otras dependencias anexas: una nave, un edificio para las oficinas y el control de la báscula, más otro edificio para el centro de transformación, con una superficie ocupada en planta total de 1.810,42 m², y una superficie construida total de 3.879,72 m².La capacidad de ensilado en toneladas es de 15.000 T, la capacidad de ensilado en TM/h es de 300. La altura de la torre es de 62,10 m. La altura de celdas es de 44,30 m. Las celdas cilíndricas tienen 5m de radio. El número de celdas es 32. La superficie deslizada 40.000m$^2$(Ferrovial 1975).El cuerpo de celdas del silo elevado se compone de tres crujías en sentido transversal y de siete en sentido longitudinal.

La cimentación se hizo directa sobre el terreno de roca dura de granito que caracteriza el territorio trujillano. La construcción es definida por la empresa en un texto denominado Sistemas de ejecución y rendimiento (figura 6):

> Los cuerpos de celdas y las torres se han ejecutado por el procedimiento de hormigonado continuo con encofrados deslizantes por fases sucesivas, llegando a utilizar simultáneamente 180 gatos hidráulicos de tres y seis toneladas, y con un rendimiento de hasta 5 metros-día. La fase más singular de las obras ha sido la elevación de las torres de maquinaria, con altura máxima de 65 metros.
>
> Una vez terminada, la torre es una estructura estable; sin embargo, con el procedimiento habitual de hormigonado continuo y durante las fases de deslizado es necesario arriostrarla debido a su esbeltez y a no poder construir simultáneamente los forjados de las plantas.
>
> Con objeto de obviar ese inconveniente y conseguir que no se interrumpiera el ritmo de la elevación, los servicios de Ferrovial diseñaron una plataforma especial que permitió ir hormigonando a la altura de las sucesivas plantas las vigas que sirven de sustentación de los forjados de planta, haciéndoles cumplir en esta fase de la obra la función de arriostramiento de la estructura de la torre. Para ello fue necesario emplear gatos hidráulicos de hasta 22 toneladas de carga útil.
>
> Con este procedimiento se consiguió mejorar sensiblemente los resultados del tradicional sistema de arriostramiento mediante perfiles metálicos y construir simultáneamente las celdas de expedición de productos al ferrocarril, que han de iniciarse entre los 20 y 30 metros de altura para permitir la caída del grano por gravedad.
>
> La plataforma de trabajo se monta en el comienzo del deslizado de cada fase, sobre los moldes que tienen un metro de altura, y de la misma se cuelgan los encofrados que servirán para hormigonar las vigas de los forjados de las plantas de la torre. En la fase de deslizado de celdas el conjunto de la plataforma permanece invariable en todo el deslizado, ya que su contorno es constante. La

fase del deslizado de la torre es la más complicada debido a que se elevan al mismo tiempo varios cuerpos de celdas, y ha sido necesario diseñar la plataforma de manera que al llegar a la cota de tapa de celdas, fuera posible desenganchar los moldes de celdas y montar los nuevos moldes que configuran el perímetro de la torre, sin interrumpir el hormigonado hasta la cota de coronación. (Ferrovial 1975)

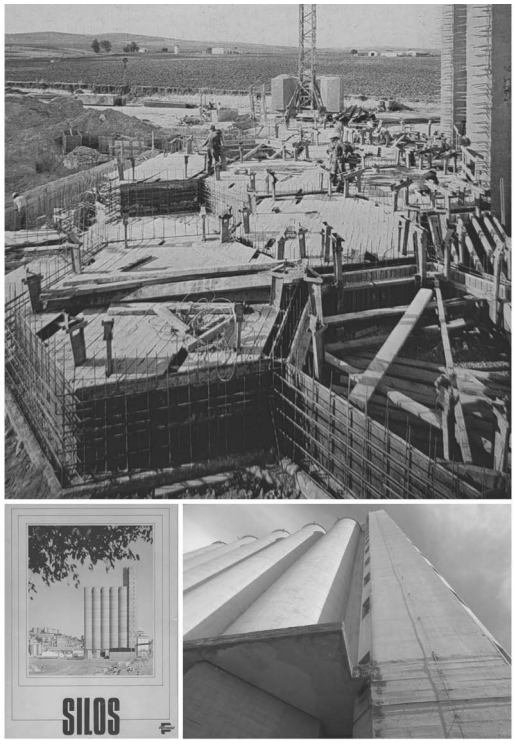



Figura 6
Detalle de construcción en publicación de Ferrovial sobre el conjunto de los silos construidos por la empresa. Portada de la misma con el silo de Trujillo. Exterior del silo (MMLB).

El año 1985, tras detectar filtraciones de agua en la cubierta de la torre y presentadas humedades por la fachada, hubo que hacer reparaciones mediante la colocación de lámina de butilo y capa de grava como lastre y protección en la primera y aplicación de un adecuado revestimiento impermeabilizante en la segunda, con materias de base cementosa con el mismo color del hormigón que tenía el silo para no modificar la fisonomía del edificio[9].

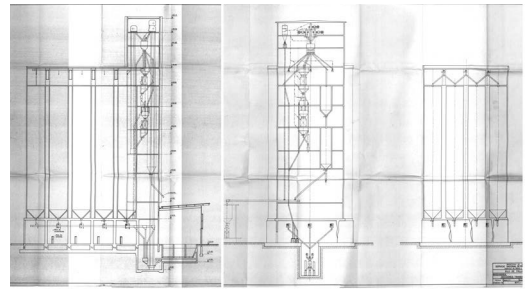


Figura 7
Planos Maquinaria. Sección longitudinal. Y – 12.785. Febrero, 1974. Maquinaria. Secciones transversales. Y – 12.786. Febrero, 1974. (AH.CEA.)

El sistema de funcionamiento descrito por la empresa constructora es el siguiente (figura 7):

El grano transportado en ferrocarril o camión llega a las tolvas de descarga, de las que lo toman unos transportadores que lo llevan a un distribuidor situado en el foso de la torre El grano se eleva a un nuevo distribuidor, situado en la torre por encima de la cota de tapa de celdas, y mediante una batería de tres arrastradores se reparte en las celdas. El grano queda así almacenado, pudiendo ser sometido a los tratamientos necesarios de conservación (reciclaje, limpia, etc.). La descarga de estos silos puede hacerse directamente por gravedad sobre camión a granel, ensacado en nave ajena, o bien volviéndolo mediante nuevos arrastradores al distribuidor del foso de la torre, situándolo mediante elevadores en las celdas de expedición de ferrocarril que descargan por gravedad en los va-

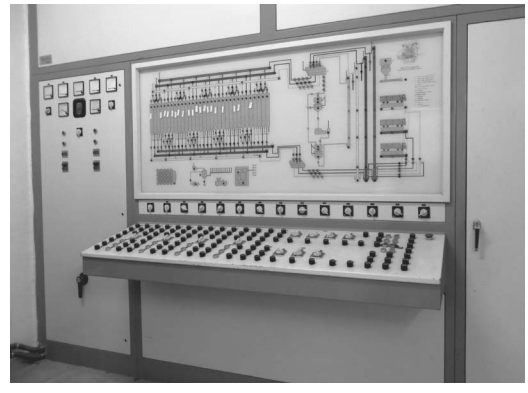


Figura 8
Control mecanizado con el cuadro de los depósitos del silo

Figura 9
Control mecanizado de las celdas. Báscula y teléfono interior en la torre

gones una vez realizado el pesaje. Desde el cuadro central de mando y control se efectúan automáticamente la totalidad de las operaciones (Ferrovial 1975).

En el caso de Trujillo en la planta baja de la torre está el cuadro central de mando en el que se puede ver el funcionamiento del silo que está desarrollado con distintos colores (figuras 8 y 9).

La carga y descarga se hacía con camiones al no haber transporte ferroviario en esta localidad, que eran pesados en la báscula al llegar y depositaban en las tolvas del sótano el grano (figura 10).

Se procedía a la selección y limpieza con distintos productos para combatir las plagas y se elevaba verticalmente gracias a un sistema de cangilones o cubetas a través de la torre, hasta una galería superior diáfana donde cintas transportadoras horizontales distribuían el grano a tubos inclinados con una extremidad en la boca superior de cada celda. En la parte inferior de las celdas estaba previsto un sistema de pesaje seguido de distintos procedimientos de transporte según el modo de salida utilizado (camiones o envasado). Los aparatos que están coloreados en azul son tamizadores y cernedores, ventiladores /aspiradores y básculas. "Una estación de transformación eléctrica y un sistema de teléfono interior, completaban el conjunto de instalaciones técnicas previstas." (Moreno) tal como también se conserva en Trujillo (figuras 11 y 12).

Figura 11
Planta superior de los depósitos. Cinta transportadora horizontal superior y tubos de carga. Sondas y lanzas para tomar muestras de grano a distintas profundidades y medir el grado de humedad y la temperatura. Boca de una celda

Figura 10
Detalles de la planta baja. (MMLB)

Figura 12
Detalles de la torre. Ventanas para control de las celdas. Distribuidores pendulares y elevadores del grano

Figura 13
Maquinaria se la torre

Figura 14
Maquinaria en la planta baja

## Situación actual

El silo de Trujillo se conserva en buenas condiciones. Su maquinaria interior con los elementos conductores nos hace entender cómo trabajaba el edificio y sus artefactos[10] (figuras 13 y 14). No trabajaban muchas personas en el mismo dado el grado de mecanización. Tras almacenar distintos productos cereales, posteriormente pasó a hacerlo principalmente de arroz.[11]

Hoy el edificio de oficinas, sustituye a una nave anterior que se derribó y después de una nueva construcción alberga la Oficina Veterinaria de Zona del Servicio de Sanidad Animal de la Dirección General de Agricultura y Ganadería. El silo constructivamente está bien conservado, únicamente requiere una buena limpieza. También se conserva la maquinaria, sala de control mecanizada, etc.

Sobre la cubierta del edificio de las celdas se ha desarrollado a partir de 2020 un proyecto de nidificación del cernícalo primilla, una especie de ave falconiforme, acostumbrado a anidar en edificaciones urbanas, que están protegidos en este espacio de Zepaurban, como en otras poblaciones de Extremadura por su peligro de extinción (figura 15).

Los silos han sido sacados en subasta en distintas ocasiones por parte del FEGA. El 7 de julio de 2015 se produjo una subasta en la cual de los que eran extremeños se adjudicó el de Villafranca de los Barros, siendo adjudicatario Casfer Explotaciones Agrarias 1984 por 230.017 €. Los demás subastados: Azuaga (Badajoz), Montijo (Badajoz), Abertura Cruce Campolugar (Cáceres) y Trujillo (Cáceres) quedaron desiertos. El 23 de enero de 2017 se produjo otra subasta con el de Mérida que quedó desierto, pero posteriormente fue adquirido por adjudicación directa tras subastas desiertas por parte de Gameroil S.A.L., en la cantidad de 708.775,64 euros. El 4 de febrero de 2019 nuevamente hubo subasta en la que salieron el de Azuaga, Llerena, Don Benito, Trujillo,

Figura 15
Cubierta del macrosilo con los nidos del cernícalo primilla y pantalla de control

Abertura Cruce Campolugar, que quedaron desiertos mientras que Montijo, fue adquirido por Mercoguadiana S.L. en la cantidad de 982.001,33 €.El 15 de abril del año 2021 se realizó una nueva subasta para la venta de 36 silos de 14 comunidades autónomas. De ese total, seis pertenecían a la región extremeña: Abertura, Azuaga, Don Benito, Llerena, Mérida, Trujillo. Solamente se adjudicó el de Don Benito a José María Álvarez Lebrijo en 161.837,75. Los demás quedaron desiertos. Finalmente hace pocos meses el macrosilo de Trujillo ha sido adquirido por la Consejería de Agricultura y Desarrollo Rural, Población y Territorio de la Junta de Extremadura.

## Conclusiones

Los silos son elementos del patrimonio industrial que hay que estudiar y proteger. Son piezas de una cultura donde el almacenamiento y tratamiento del grano formaba parte de la actividad agraria, aunque algunos ya han sido demolidos, otros vendidos por el FEGA, y muchos se encuentran en proceso de venta y recualificación, si bien algunos han sido utilizados para nuevos usos. La arquitectura e ingeniería contemporánea quedaría incompleta si desaparecieran estas relevantes construcciones.

El macrosilo de Trujillo es un ejemplo clave de los que se construyeron en los años setenta con nuevas técnicas y perfeccionamiento de la maquinaria. El uso de encofrados deslizantes en su edificación constituye un modelo importante de este tipo constructivo muy utilizado en otras obras públicas posteriores.

Nos parece además que, con su potencia tectónica, su perfil asimétrico y su escala monumental adquiere un valor que constituye un hito patrimonial de la vista panorámica de la ciudad. Actualmente está en proceso de ser reutilizado por la Consejería de Agricultura para un nuevo uso documental y patrimonial, lo cual consideramos será de gran interés.

Bajo nuestro criterio la estratigrafía histórica de Trujillo solamente se entiende con sus silos.

## Notas

1. Este texto ha sido elaborado en el marco del proyecto de investigación PID2019-105877RA-I00 “Análisis y definición de estrategias para la caracterización, recuperación y puesta en valor del patrimonio de las obras públicas. Una aproximación desde la escala territorial”, subvencionado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.
1. “A aquellos que viajan por las grandes autopistas del medio Oeste, los silos aparecen como catedrales, y de hecho son las catedrales de nuestro tiempo” (Salazar 2014, 4).
3. Las veinte tipologías de los silos, se encuentra dentro de la siguiente clasificación: Silos de Recepción, Silos de tránsito, Silos para la selección de semillas, Macrosilos. Graneros de recepción, Graneros destinados a la selección de semillas o al secado de granos y Silos y graneros especiales.
4. Tras los proyectos originales, de autores ajenos al Ministerio, los planos eran asumidos por los técnicos de la Red Nacional y no aparecen firmas (Azcárate 2009, 185).
5. “El macrosilo de Trujillo no tiene una producción grande pero lo que hay es mucho consumo de cereales por

el ganado que hay en aquella zona y se construyó un silo de expedición donde pudieses descongestionar silos de zonas de producción, llevarlos allí y darle salida pronto para el mercado" (Entrevista de Azcárate a Pedro Linares, secretario general del FEGA 18/06/1988(Azcárate 2009, 515).

6. Archivo Municipal de Trujillo.
7. https://www.grupoan.com/el-silo-de-penaranda-vuelve-a-la-vida/ consultado el 09/08/2022.
8. Agradecemos a don Juan Laguna, arquitecto autor del proyecto que nos ha facilitado planos e información sobre la construcción del mismo.
9. AH.CEA. Proyecto de obras de conservación del macrosilo de Trujillo. Cáceres, Febrero, 1985. Memoria y Presupuesto. Ministerio de Agricultura. Servicio Nacional del Trigo. Red Nacional de Silos.
10. Hemos visitado el silo trujillano en el mes de junio de este año 2022, con el director del Centro de Estudios Agrarios de la Consejería de Agricultura y Desarrollo Rural, Población y Territorio de la Junta de Extremadura, don José Luis Mosquera Müller, con la técnica de arte, doña Enma Mangut y con el ingeniero de Caminos, don Vicente Plasencia, para comprobar el buen estado en el que se encuentra esta construcción.
11. Hemos entrevistado a don Enrique Corcho Sánchez que trabajó en este conjunto industrial.

## Lista de referencias


Azcárate Gómez, César A. 2002.Los silos de cereal en España. ¿Arquitectura? Industrial en la España rural. Proc Int Conf. *Arquitectura, Ciudad e Ideología Antiurbana.* Pamplona, Mar 14-16: 55-62. http://dadun.unav.edu/bitstream/10171/23587/1/2002%206.pdf.

Azcárate Gómez, César A. 2009. *Catedrales olvidadas, La red nacional de silos en España 1949-1990*. Madrid: T6 ediciones, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Banham, Reiner. 1999. *La Atlántida de Hormigón*. 127-213. Barcelona: Ed. Gustavo Gili.

B.O.E. 2021. Nº 46. 23 de febrero: 11156.

Fernández-Fernández Manuel V.;Víctor Marcelo; José B. Valenciano, Francisco J. López y Pablo Pastrana. 2020. Spain's nationalnetwork of silos and granaries: architectural and technological changeover time. *Spanish Journal of Agricultural Research V. 18*, Nº 3: 1-16.

Ferrovial. 1975. *Noticia Técnica 176*. Madrid. Servicio de Publicaciones.

García, A. 2016. La red nacional de silos y graneros en España. *Cuadernos de los Amigos de los Museos de Osuna.* 18: 153-161.

Lozano Bartolozzi, María del Mar. 2010. Don Xavier de Salas y Trujillo, la huella de una aquilatada sensibilidad. En *Estudios Xavier de Salas* (Mercedes Águeda Villar, ed.). Badajoz: Universidad de Extremadura: 17-37.

Miranda Sotillos, Fernando. Presentación. En Azcárate Gómez, César A. 2009. *Catedrales olvidadas, La red nacional de silos en España 1949-1990*. Madrid: T6 ediciones, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino: 3-4.

Moreno Vega, Alberto. 2014. Un análisis tecnológico sobre la red nacional de silos y graneros desde la ingeniería industrial en el ámbito agrario: ¿con qué maquinaria y cómo funcionaban? *I Jornadas de Patrimonio Industrial Agrario: silos a debate*, Villanueva del Fresno.Sept: 26-28. https://pdfcookie.com/documents/un-analisis-tecnologico-sobre-la-red-nacional-de-silos-y-graneros-desde-la-ingenieria-industrial-en-el-ambito-agrario-con-que-maquinaria-y-como-funcionaban-3lkzg5zmrplk

Pozo Municio, José Manuel. 2011. Arquitectura entre el Este y el Oeste. a propósito de la abstracción moderna europea. *RA: revista de arquitectura*, Nº. 13: 109-122.

Salazar Veloz, Andrea. 2015. Del trigo al hombre. Rehabitar el silo. Barcelona. Escuela Técnica Superior de Arquitectura del Vallès. Universidad Politécnica de Catalunya. Trabajo Final de Máster.

Sánchez, Javier. 2021. Redondo: "Es una afrenta toral al patrimonio histórico". *Diario Hoy*, 19/abril.

SENPA. 1990. Informe de clasificación de los diferentes tipos de silos, empleo de los materiales de construcción y análisis de la tecnología de los silos. Madrid. Servicio Nacional de Productos Agrarios, Archivo General del Fondo Español de Garantía Agraria (FEGA).

VV.AA. 2006. *Monumentos artísticos de Extremadura*. *V. 2*:708-714. Mérida, Editora Regional de Extremadura.

# Innovaciones en la construcción en Valparaíso después del terremoto de 1906

Sandro Maino Ansaldo
Daniela Gil Brignardello
Matías Correa Díaz

> … [Valparaíso] es esta una de las ciudades más populosas de Chile i tiene una infinidad de edificios, los unos pésimamente mal construidos, otros mui recargados de adornos en su exterior i que ayudaron admirablemente al temblor en su obra de esterminio contra el hombre. (Machado 1909)

Valparaíso fue conocido como uno de los principales puertos del Pacífico Americano entre mediados del siglo XIX y el primer cuarto del XX. Su posición estratégica en Sudamérica, el explosivo crecimiento de su comercio exterior y la Independencia del país, fueron factores determinantes para el continuo flujo de inmigrantes de las más diversas nacionalidades, conformando una sociedad multiculturalista (Estrada 2011).

El 16 de agosto de 1906 el puerto de Valparaíso fue asolado primero por un terremoto y luego por un incendio que destruyó buena parte de la ciudad. Este terremoto junto con el de San Francisco del mismo año y el de Messina en 1908, fueron un punto de inflexión para la sismología y la naciente ingeniería sísmica, impulsando como nunca el desarrollo de nuevas soluciones constructivas y arquitectónicas (Tobriner 2006; Valtieri 2008; Barbera 2015). Los acontecimientos antes nombrados forman parte y marcan la transición entre la época de la construcción basada en el empirismo y la construcción basada en las ciencias y la ingeniería.

Antes del terremoto de 1906 en Valparaíso no se había incorporado ni experimentado con los nuevos sistemas constructivos y materiales como el hormigón armado y las estructuras de acero, tal como estaba ocurriendo en Estados Unidos o Europa. Los promotores e inversionistas no habían planteado a los arquitectos e ingenieros de Valparaíso nuevas exigencias a los sistemas establecidos, tales como edificación en altura o subterránea, construcción industrializada, construcción ligera, construcción ignífuga o sismorresistente, necesidades que habían impulsado la exploración de los entramados de acero y hormigón a nivel mundial.

El terremoto desató una efervescencia en la exploración y búsqueda de soluciones, utilizándose para la reconstrucción de la ciudad desde las probadamente ineficaces previas al terremoto guiadas por las reglas del arte de construir tradicional y las nuevas técnicas y materiales, de paso innovando con la aplicación de patentes de invención de origen nacional e internacional[1]. A nivel teórico, las soluciones para la reconstrucción se debatieron entre el uso del hormigón armado y las estructuras de acero observándose con atención las aplicaciones de estos nuevos materiales en el mundo. Se debe tomar en cuenta que a principios del siglo XX no había un discurso único y validado, local y globalmente, respecto de la ingeniería y construcción sismorresistente, sino una serie de voces que se expresaban desde sus experiencias y conocimientos empíricos o en proceso de comprobación (Reitherman 2012). A nivel material, para las nuevas construcciones se utilizó un amplio abanico de mate-

riales importados o traídos desde otras regiones del país, complementados con materiales de producción local tales como la piedra y el ladrillo. En cuanto a la producción nacional de los nuevos materiales de la industrialización, se debe tomar en cuenta que en Chile en 1908 se inicia la producción de cemento Portland en la planta *El Melón* de La Calera, conectada con el puerto a través del ferrocarril a una distancia de setenta kilómetros. En cambio, recién en 1924 Chile contó con una producción de acero, con un breve y fallido intento en 1910 en los Altos Hornos de Corral (Sánchez 1952).

## Antecedentes

A lo largo del siglo XIX se observa una preocupación después del terremoto de 1822 por una construcción resistentes a sismos, aunque la principal amenaza en la ciudad de Valparaíso eran los incendios. Los terremotos de gran magnitud que había sufrido Valparaíso antes de 1906 fueron los de 1822, 1730, 1647 y 1575, marcando un periodo de recurrencia de 82 +/- 6 años entre sismo y sismo que continua hasta el día de hoy[2]. Estos eventos previos hicieron que la ciudad para fines del siglo XIX no contara con ningún edificio construido en tiempo de los españoles.

Si bien no hemos encontrado documentos que describan la toma de decisiones relacionadas con la resistencia a los sismos de los edificios, se observan noticias aisladas como las de Recaredo Tornero en su *Chile Ilustrado* (1872) que permiten inducir una preocupación frente a la amenaza. En la descripción de los principales edificios que componían la ciudad, Tornero destacaba su resistencia *a toda prueba*, basado en las evidencias con que contaba hasta ese momento. Un ejemplo de estos edificios resistentes a sismos era el de la Intendencia, proyectado por el arquitecto ingles Juan Stevenson y construido entre 1831 y 1833, había resistido el terremoto de Huasco de 1851[3] y luego el bombardeo de los españoles en 1866. Este edificio de la intendencia fue demolido después del terremoto de 1906 por los daños sufridos. Uno de los edificios emblemáticos de la ciudad hasta antes del terremoto era el Palacio de Agustin Edwards que sufrió grandes daños y tuvo que ser demolido, construyéndose en su lugar la catedral de Valparaíso.

> «En el costado Oriente de la plaza de la Victoria, se encuentra en construcción un edificio que será, bajo todos aspectos, el mejor y más costoso de toda la ciudad. Todo él es de cal i ladrillo y a prueba de *temblores*, pues cada uno de los machones i de las sólidas columnas que sostienen sus cuatro costados están atravesadas en toda su lonjitud por gruesos cilindros de hierro. Este edificio servirá de casa habitación al opulento banquero ya citado, D. Agustin Edwards. El joven arquitecto D. Eduardo Ferhman ha dibujado los planos i dirije los trabajos.» (Tornero 1872)

La certeza con que exponen los atributos del edificio no se condice de su real comportamiento en el sismo. Pese a los mencionados refuerzos metálico, elementos que se comenzaron a utilizar de manera regular en el último cuarto del siglo XIX, el edificio igualmente sufrió grandes daños, debido en parte al estar fundado en suelos sedimentarios. Antes del terremoto, dada la limitada disponibilidad de perfiles de acero se utilizaron para los refuerzos metálicos rieles de tren, que no tuvieron un comportamiento destacado en el sismo. Se observan en algunas fotografías de edificios afectados por el terremoto como los rieles desnudos cuelgan de los restos de los muros (Figura 1). Los rieles quedaban embebidos en los dinteles y muros de ladrillo principalmente con el

Figura 1
Fotografía después del terremoto. Se observa en la fachada los rieles flectados y el colapso de parte de la fachada. Calle Blanco, Valparaíso (Fotografía Karl Richard Linderholm, Museo de Historia Nacional)

objetivo de reforzarlos frente a los esfuerzos de flexión en los vanos no logrando la necesaria cohesión y resistencia al arranque con el muro de albañilería.

Si hacemos una revisión de las formas constructivas aplicadas en Valparaíso entre 1880 y 1906 no vemos grandes cambios o transformaciones a lo antes descrito. La altura de los edificios no superaba las 3 o 4 plantas o los 15 metros salvo las torres de las iglesias. La mayoría de estas edificaciones eran resueltas con un muro de albañilería perimetral, columnas de hierro fundido en su primera planta, envigados y tabiquería de madera en las plantas superiores.

## Los efectos del terremoto a ojos de los expertos

Unos días después del terremoto, en Nueva York, el ingeniero chileno Juan Tonkin, fue entrevistado por el New York Times (Anónimo 1906). Tonkin tenía claridad de que la zona más afectada por el terremoto habían sido los terrenos ganados al mar, el sector de El Almendral, caracterizado por ser suelos de arena y rellenos artificiales no controlados (Figura 2). Otro factor relevante era que hacía años que Valparaíso no sufría un terremoto de magnitud, construyéndose edificios sin las necesarias previsiones, edificios de piedra y ladrillo que no tenían la flexibilidad necesaria para resistir un terremoto. En la entrevista, Tonkin declaró su preferencia por los tabiques ligeros y las estructuras de acero, debido a las ventajas en su comportamiento frente al sismo y el fuego, argumentando lo conveniente que era construir edificios de hasta 8 o 10 pisos de acero, pensando lo limitado que era el espacio del plan de la ciudad. Además de las formas constructivas, el terremoto de 1906 puso en un primer plano el suelo como un factor relevante en la amplificación de los movimientos sísmico (Montessus de Ballore 1907).

El primer informe acerca de los efectos del terremoto en el medio construido que vio la luz fue el del

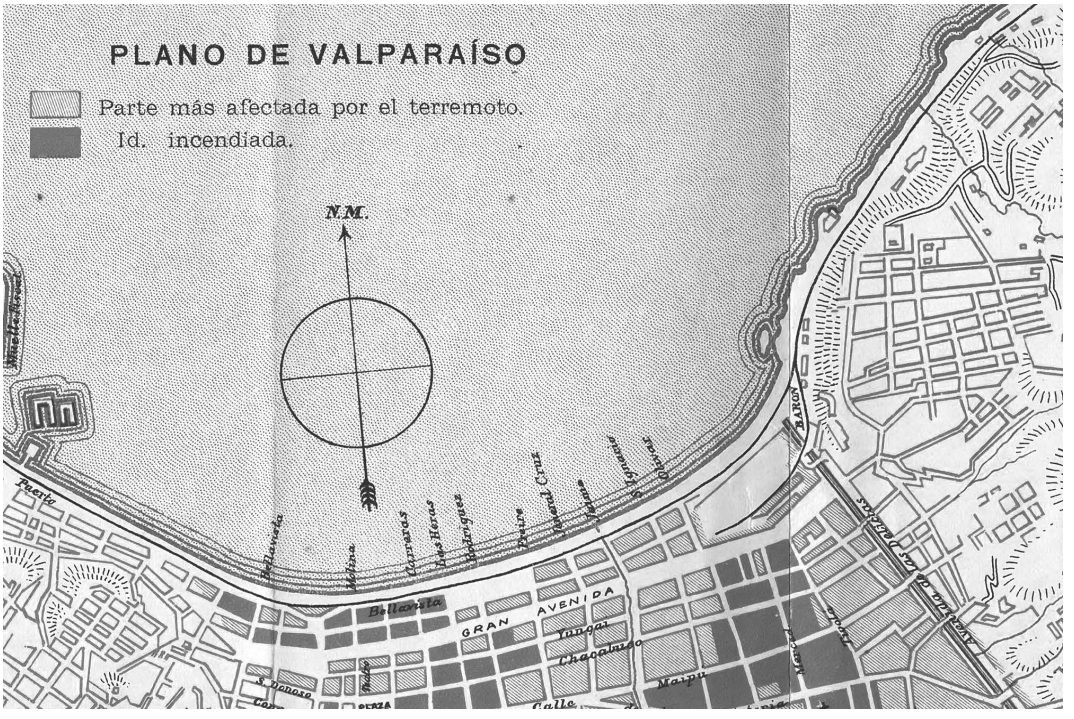



Figura 2
Plano de Valparaíso con las zonas afectadas por incendios en rojo y por el terremoto en rosado (Rodríguez and Gajardo 1906)

ingeniero prusiano Carlos Koning (1906), Director de Obras Públicas y fundador del Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Universidad de Chile. En su artículo, Koning describe el efecto del terremoto en las construcciones fiscales para sacar enseñanzas para las futuras construcciones, evaluando los problemas en las albañilerías y sus posibles soluciones. Seguramente el análisis más interesante del terremoto es el del joven ingeniero Hormidas Henríquez, quien publica en el diario La Unión de Valparaíso un artículo científico en seis entregas reunidas bajo el título «El terremoto de Valparaíso bajo su aspecto constructivo» (1906)[4]. Contrastan los conocimientos acerca de ingeniería sísmica de Henríquez, un ingeniero recién titulado, con los de Koning, un ingeniero de larga trayectoria. Henríquez contaba con conocimientos actualizados acerca de ingeniería sísmica; conocía el informe de Lawson acerca del terremoto de San Francisco y el trabajo de Milne en Japón, uno de los pioneros de la sismología a nivel mundial. Koning buscaba posicionar la «albañilería bien ejecutada» junto a la albañilería con fierro y hormigón armado. Por el contrario, Henríquez proponía el abandono de la albañilería, enjuiciando al «detestable ladrillo», debatiéndose entre el hormigón armado y las estructuras metálicas. La incorporación del hormigón armado en Chile se vio retrasado por la pérdida de confianza en el público tras el desastroso derrumbe del edificio en obras de la Casa Prá en 1904 construido con el sistema patentado por Paul Cottancin (Pérez et al. 2021).

Unos meses después del terremoto, el ingeniero en jefe de la Dirección de Obras Públicas de Chile, Augusto Knudsen publicó *Terremotos y edificios antisísmicos* (1906), un trabajo que a partir de la evaluación de los efectos del sismo planteaba nuevas soluciones para la edificación. Chile es un país sujeto a terremotos y como tal debiera *anticiparse* para que sus ciudades fueran *inmunes* a estos desastres naturales, debiendo recoger en las normativas las traumáticas experiencias de los efectos de los terremotos. En su texto, Knudsen combina el conocimiento sismológico, de ingeniería sísmica y construcción antisísmica, destacando como referente los rascacielos norteamericanos de acero, *inmensos canastillos* compuestos por columnas y vigas. Pese a que no existía en Chile la necesidad de edificios de altura, Knudsen supone cierta eficacia en la adaptación a edificios de dos o tres plantas de los sistemas estructurales y materiales de los rascacielos, dado su buen comportamiento en el terremoto de San Francisco. Su interpretación del problema del suelo difiere en cierta medida de la visión predominante, al afirmar que no se puede considerar un suelo firme en un lugar sísmico ya que este se mueve, aplicando como analogía para la relación de edificio y suelo los barcos que flotan en el mar. Esta analogía le permite afirmar que hasta en un suelo deficiente se puede cimentar un edificio tomando las precauciones necesarias, desplazando el problema de la elección de lugar a una solución ingenieril de la forma constructiva. Una evaluación general de lo ocurrido en los edificios afectados por el terremoto en Valparaíso arrojó como *regla general que sus materiales fallaron por tracción*, planteando Knudsen la siguiente solución:

> El primer remedio que habría que aplicar á estos materiales para mejorar su resistencia, sería incorporarles, durante la fabricación, algunos alambres de forma ondulada para que haciendo presa en la masa le comunicasen la propia tenacidad.
>
> Así tres alambres de fierro negro de 3 mm. embutidos a lo largo de un ladrillo de muralla duplicarían su rigidez con un costo insignificante. (Knudsen 1906)

Este único trabajo de Knudsen sobre *ingeniería y construcción antisísmica* se mueve entre las propuestas de vanguardia basadas en la experiencia estadounidense de construcción en altura y formas de reforzar sistemas constructivos tradicionales, racionalizando sus aplicaciones con fórmulas de cálculo simplificado que no exponen de forma clara como es incluido el movimiento sísmico.

Por último, Fernand Montessus de Ballore, contratado por Estado chileno para dirigir el Servicio Sismológico de Chile, publico en varias versiones diferentes[5] "El arte de construir en países expuestos a temblores de tierra", título que le hace un guiño a la serie de *L'art de batir* del ingeniero francés Auguste Choisy.

En términos generales, después del terremoto de 1906 se dio en Chile una reacción científica y técnica de los arquitectos e ingenieros, integrando la evaluación en terreno de los efectos del sismo, la teorización y un conocimiento superficial de los avances en Europa, Estado Unidos y Japón. Los profesionales no llegaron a especializarse debido a una falta de continuidad en esta línea de estudio. Salvo Fernand Montessus de Ballore que orientó su labor hacia la sismo-

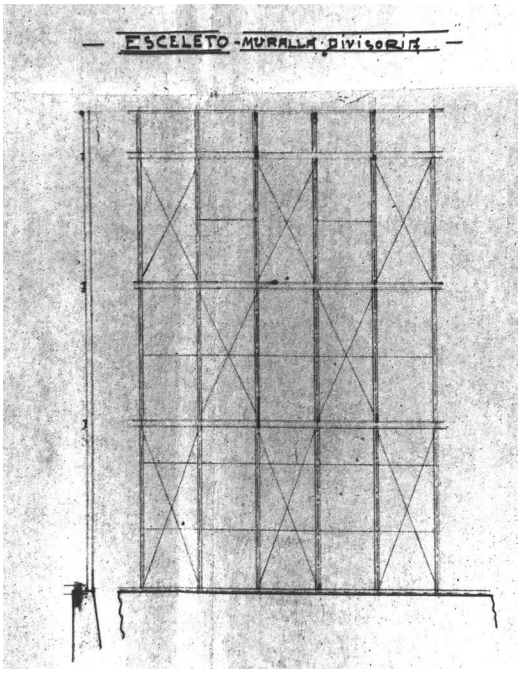



Figura 3
Esqueleto metálico de muro medianero de un edificio de tres plantas proyectado por el arquitecto Giocondo Favero en 1909 para los hermanos Devoto (Archivo Histórico Patrimonial, Municipalidad de Valparaíso)

logía, el resto de los ingenieros y arquitectos tuvieron fugaces apariciones, no permitiendo realizar un seguimiento o individualizar un desarrollo gradual y continuo de la disciplina.

## El proceso de reconstrucción

Con posterioridad al terremoto se probaron una variedad de sistemas constructivos y materiales, algunos aplicados de forma purista y otros de forma parcial o mixta. Aunque una de las primeras preocupaciones fue la resistencia contra los terremotos, pronto apareció como amenaza más relevante el fuego y la necesidad de incombustibilidad de la construcción (Knudsen 1906; Ramírez 2022). Frente al terremoto resultaba sencillo pensar como solución la construcción ligera con madera, pero el fuego mermo esa posibilidad.

> «Antisísmico significa contra temblores y es el nombre genérico de toda construcción que sea apta para desafiar las iras subterráneas. En su más lato significado este término es aplicable á cuanta armazón sea capaz de resistir sacudidas recias; pero en sentido restricto envuelve tácitamente otra condición: la incombustibilidad, tanto para prevenir las contingencias del momento mismo del siniestro como las épocas subsiguientes cuando, repitiéndose la historia, la reacción de la opinión pública contra el material arcilloso que se rasga y desmorona hace surgir promiscuamente las construcciones ligeras de madera, destinadas tarde ó temprano á ser la escena de otras calamidades.» (Knudsen 1906)

En 1893 se aprobó una ordenanza municipal que exigía que las murallas entre propiedades fueran resistentes al fuego, resolviéndose la exigencia con gruesos muros de albañilería. Después del terremoto, una de las formas de lograr esa resistencia fue mediante el reemplazo del tradicional muro medianero de albañilería por un tabique de estructura metálica con un relleno de hormigón. En general su configuración estaba dada por pies derechos de perfiles doble T, perfiles canal o ángulo apernados o remachados en cada planta como solera de apoyo para el envigado, barras redondas horizontales entre pies derechos distanciadas por lo general a un metro y algunas crucetas alternadas entre pies derechos (Figuras 3 y 4) que permitían una rigidización del tabique. Normalmente, en estos muros, el relleno de hormigón quedaba contenido entre los perfiles y estos expuestos a la oxidación y corrosión. El terremoto de 1906 aceleró la incorporación del acero como componente estructural fundamental, ya no de forma puntual como un refuerzo en un dintel, sino como un armazón que tejió primero los medianeros, luego las fachadas, las columnas interiores de la primera planta, envigados, y finalmente extendiéndose a las plantas superiores.

De los edificios en proceso de construcción que fueron sorprendidos por el terremoto tenemos dos casos particulares que diferencian su forma de continuar con las obras. El primero, proyectado por Juan Dazarola, es un edificio esquina de cuatro plantas construido en base a muros el cual, después del terremoto continua las obras sin cambios. El segundo, proyectado por el arquitecto y director de la obra Antonio Lafoglia para los hermanos Zanelli, empresarios de la minería, es un edificio aislado de cinco plantas. El edificio se encontraba en su primera planta de albañilería cuando decidieron reemplazar la

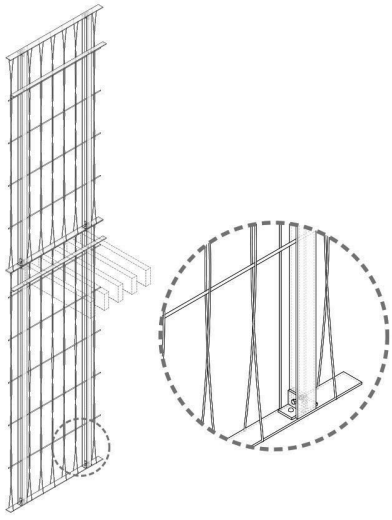


Figura 4
Detalle de medianero basado es las especificaciones técnicas del edificio proyectado por Guillerno Lastarria en 1914 para Nicolas Vodniza en calle Yungay (dibujo de los autores)

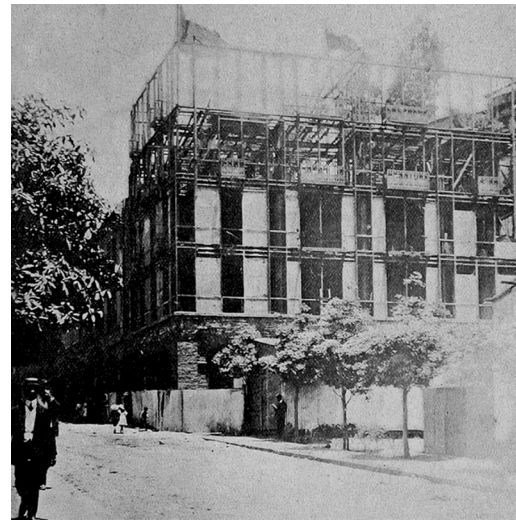


Figura 5
Construcción del edificio de estructura metálica del arquitecto Antonio Lafoglia, subida San Agustín, Valparaíso (Revista Sucesos 10/1/1907, n° 227)

continuación de los muros de las plantas superiores por un esqueleto metálico (Figura 5). La experiencia de la catástrofe hizo necesario repensar el sistema constructivo, reemplazando los pesados muros de albañilería por una «elegante jaula de fierro». El edificio de Lafoglia se puede ver como un hito relevante de la transición constructiva desde los sistemas de masa a los sistemas de enrejado. Este edificio se posiciona como un ejemplo de reemplazo de los sistemas tradicionales, posibilitando la construcción de edificios más esbeltos, con mayor número de pisos y libres de la ornamentación que predominaba en los edificios de albañilería.

Pero el reemplazo no fue total e inmediato, ya que se continuó utilizando la albañilería para los muros perimetrales, pero incorporando refuerzos metálicos continuos tanto horizontales como verticales. Un ejemplo documentado de este tipo de edificios es el proyectado en 1907 por el ingeniero arquitecto Juan Dazarola para Ramon de la Vega en la Avenida Brasil, un edificio de tres plantas libres más un nivel de subterráneo, en el cual se reutilizaron -como en muchos otros casos después del terremoto- las fundaciones de piedra de un edificio prexistente. El nivel subterráneo tiene en su perímetro muros de gravedad para contención del terreno y en el eje longitudinal central un muro macizo que divide la planta en dos recintos. Cada uno de esos recintos tiene un eje central con columnas de hierro fundido que transfieren los esfuerzos a los dados de fundación a través de una basa de fundición. En los niveles superiores, el muro perimetral es un sistema mixto que consta de una albañilería de ladrillos reforzada por un esqueleto de acero constituido por pies derechos y vigas de perfiles doble T. La estructura de acero está inserta en la albañilería. Las vigas horizontales se reducen en número en la medida que el edificio toma altura; en el dintel de la primera planta son tres vigas, en la segunda son dos y en la tercera una. Esta disminución es acompasada con una reducción del espesor del muro perimetral en cada planta, manteniendo el plomo exterior mientras que en muro medianero se ubica el eje estructural en el centro del muro. El interior de este edificio destinado para bodega esta íntegramente construido en madera, salvo las columnas de hierro fundido del subterráneo y la primera planta. El edificio tiene cuatro crujías estructurales con 11 pilares en cada uno de los ejes y un sistema ramificado de apoyo para el envigado (Fi-

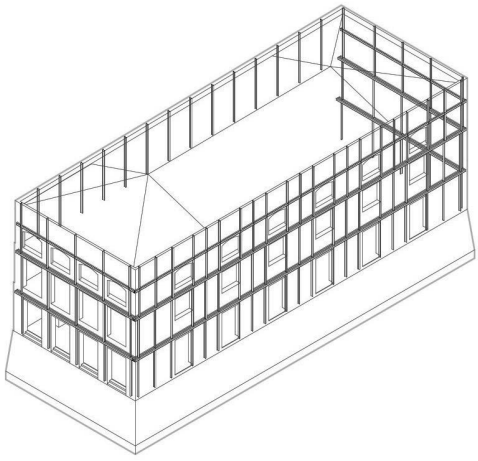


Figura 6
Esqueleto metálico al interior de los muros de albañilería en el edificio de Ramon de la Vega de 1907 (dibujo de los autores)

gura 6), sistema de rigidización que en el proyecto original no estaba considerado (Figura 7). El envigado está compuesto por sendas vigas maestras en las dos direcciones que se sobreponen en cada uno de los encuentros con los pilares.

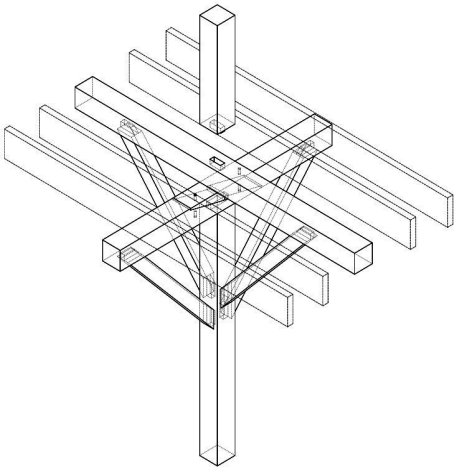


Figura 7
Vista explotada del encuentro entre pilar ramificado y envigado en el edificio de Ramon de la Vega de 1907 (dibujo de los autores)

Otro caso relevante es el edificio para la Casa Muzard (1908) una tienda departamental, proyectada por el arquitecto Emilio Jéquier autor del Museo de Bellas Artes, los Tribunales de Justicia y la Estación Mapocho, todos construidos en Santiago de Chile. El caso consiste en la reconstrucción de un edificio esquina incendiado, reutilizando para la nueva obra los cimientos, muros de gravedad de piedra y muros medianeros de albañilería. El edificio de aspecto compacto cuenta con tres plantas más un nivel subterráneo. El proyecto tiene dos ingresos a la Dirección de Obra, uno en 1907 y otro en 1908, habiendo en este último un cambio fundamental en el sistema estructural, descrito así: «se empleará en la fachada material solido reforzado con fierro». La fachada está constituida por unos machones de albañilería en la primera planta a los cuales se les sobrepone una armadura de pies derechos de fierro doble T contenidos por alambres y mallas de metal expandido rellenas con hormigón (Figura 8). Se vincula la envolvente a la estructura interna mediante cinturas de fierro situadas en cada entrepiso. La estructura interna de planta libre se configura a partir de pilares y vigas de acero constituidas por dos perfiles doble T posicionados de acuerdo con una retícula estructural angulada resultante de la alineación de los ejes con los muros de fachada. El terremoto había desnudado la precariedad de las construcciones aparentemente sólidas, una máscara de gruesos muros encerraba un interior débil, combustible, sin cohesión y adherencia con el perímetro (Henríquez 1906). A la vista de los daños que habían sufrido las fachadas de albañilería con el sismo, la elección de una estructura mixta por niveles, si bien podría ser objetada por la falta de homogeneidad, corresponde a una solución racional, que difiere del caso del edificio de los hermanos Zanelli, al sobreponer la decoración de fachada y no exponer el esqueleto metálico (Figura 9).

La emergencia de reconstruir con sistemas confiables y rápidos los edificios fabriles de Valparaíso, al principio favoreció la elección de las estructuras metálicas prefabricadas. En esta elección influyeron tanto su rapidez de montaje como las propiedades ignifugas y sismorresistentes de los esqueletos metálicos, y en no menor medida, el origen de los propietarios y mandantes de los edificios. Edificios de estructura metálica importado como la fábrica Hucke (1908) manufacturado en Alemania (Saabruchen), el Mercado del Cardonal (1914) manufacturado por la empre-

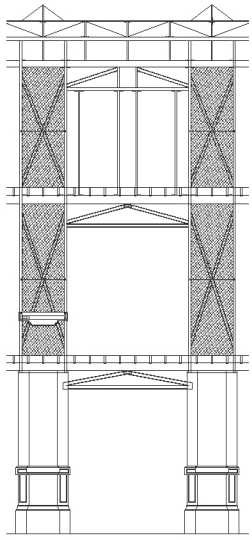


Figura 8
Elevación de la estructura de fachadas del edificio Casa Muzard de 1908. (dibujo de los autores)

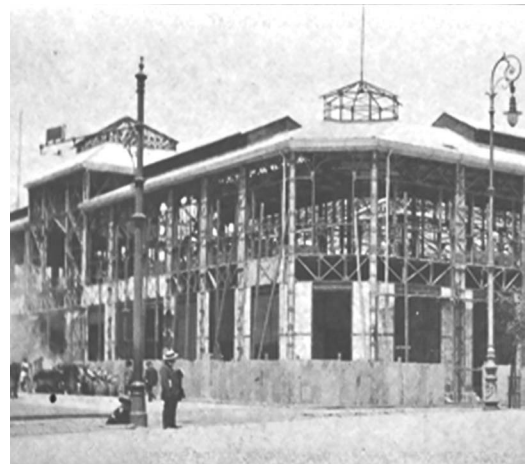


Figura 10
Construcción del Mercado Cardonal (Museo de Historia Nacional)

sa alemana especializada en construcciones en acero Aug. Klönne de Dortmund y montado por Vorwerk y Co. (Figura 10) o la fábrica de la Jabonería La Estrella (1911) proyectada y montada por Saavedra Bernard y Cia., son exponentes de esta tendencia (Maino, Cabezas, and Koch 2020). Especial mención merece el caso de la fábrica de jabones La Estrella al incorporar en sus especificaciones la aplicación de la presión de viento como acción horizontal para el cálculo estructural (Figuras 11 y 12). Si consideramos la altura del edificio de apenas tres plantas deberemos suponer que estamos ante el primer caso documentado de un edificio que incorpora cálculo sisimico bajo

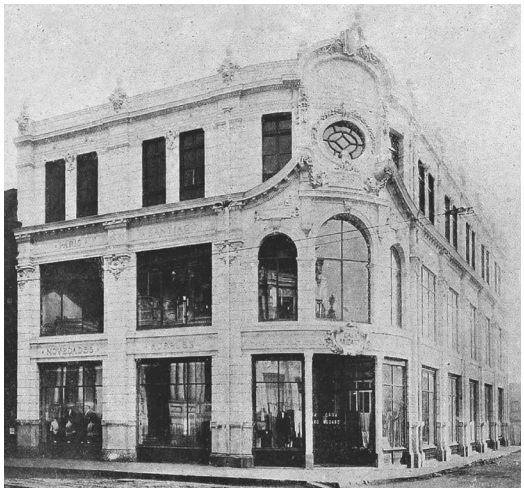


Figura 9
Edificio Casa Muzard. (Revista Sucesos 11/7/1912, n° 514)

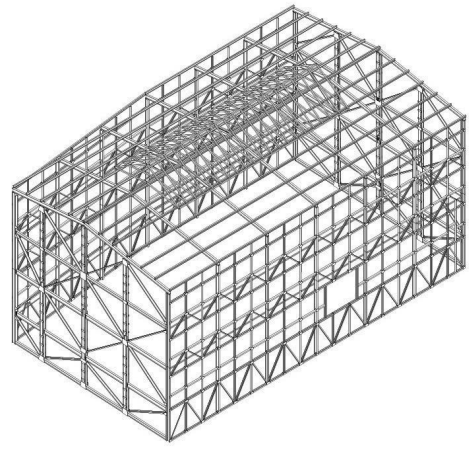


Figura 11
Esqueleto metálico exterior del edificio de la fábrica de jabones La Estrella de 1911 (dibujo de los autores)

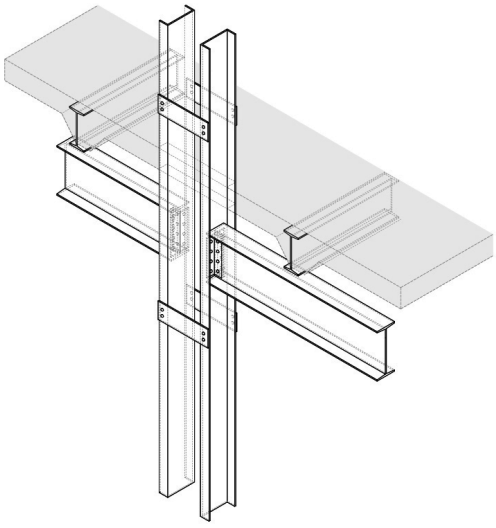


Figura 12
Detalle del encuentro entre pilar y envigado de la fábrica de jabones La Estrella de 1911 (dibujo de los autores)

la suposición de la equivalencia entre sismo y viento surgida después del terremoto de San Francisco, conocida en Chile a través del ingeniero Carlos Hoerning (1907). Esta comprensión del fenómeno fue prontamente reemplazada por la del ingeniero italiano Arturo Danusso (1909), consistente en la aplicación de una fuerza horizontal proporcional a la masa del edificio.

Si bien existió una presión por construir en el plan de Valparaíso, siendo una extensión limitada entre borde mar y pie de cerro, esta presión no significó, o no fue suficiente estímulo como en otras latitudes, para el desarrollo de construcción en altura. A diferencia de San Francisco que para el terremoto de 1906 ya contaba con decenas de edificios de altura, en Valparaíso se implantaron a partir de la década de 1920, salvo el pionero y truncado proyecto de edificio de vivienda del empresario minero Francisco Caralps y el arquitecto Joaquin Barella. El edificio concebido inicialmente con ocho plantas, un subterráneo y 28 metros de altura, inició su construcción en 1912, superando las 5 plantas y los 24 metros de altura de la fábrica Hucke, el edificio de estructura metálico más alto construido hasta ese momento en Valparaíso, pero con una relación de área de la planta versus altura cinco veces superior[6] al de Caralps.

Un último caso paradigmático es el edificio de la importadora de maquinaria Casa Morrison (1911), proyectado por los ingenieros de la compañía. El edificio de aspecto compacto es cabecero de manzana y tiene una planta cuasi cuadrada con cuatro niveles más un subterráneo, pudiéndose dividir el total en dos partes diferenciadas: envolvente y entramado interno. La envolvente está constituida por un sistema mixto que incluye pilares compuestos por perfiles tipo C, barras de acero verticales y alambrado horizontal que entrelaza y bordea los elementos verticales recubiertos con hormigón, configurando muros perimetrales macizos de 30 cm. de espesor. La estructura interior de planta libre está constituida por cuatro ejes con columnas a distancias regulares unidas mediante vigas de acero doble T. En la dirección transversal se dispuso un denso envigado de pino Oregón (Figura 13).

Una particularidad de este edificio es el tipo de columna utilizada, conformada por cuatro cuartos de caño de hierro forjado remachados en sus alas. La columna Phoenix originalmente diseñada para la construcción de puentes, se basaba en la patente de invención de 1862 de Samuel Reeves siendo manufacturada en Estados Unidos por la Phoenix Iron Company. La Casa Morrison podría ser el único caso

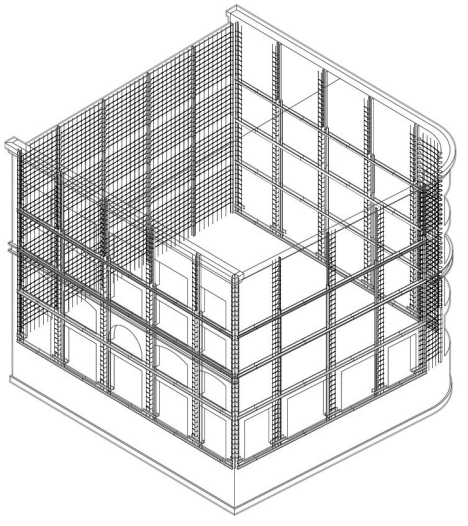


Figura 13
Composición mixta (acero en formato perfil, barra y alambre y hormigón) de los muros de fachada y medianero del edificio Casa Morrison (dibujo de los autores)

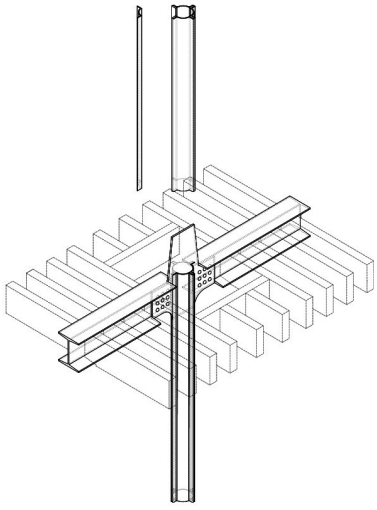


Figura 14
Detalle encuentro columna Phoenix y envigado del edificio de la Casa Morrison (dibujo de los autores)

en Chile de un edificio construido con esta columna[7]. En la zona sur de Chile, en la línea férrea entre Angol y Traiguén construida entre 1884 y 1890 se levantaron puentes de entramado con columnas Phoenix, tirantes y conectores de hierro fundido apernados. Comparativamente la columna Phoenix era más ligera que aquellas de hierro fundido al ser hueca y no maciza, alcanzando una mayor resistencia con un menor de peso; admitía uniones remachadas o apernadas a diferencia de las de hierro fundido; su costo era más económico y estaba disponible bajo pedido en variedad de largos entre 10 y 30 pies (3,05 y 9,14 metros). Para nuestro caso, la altura desde el subterráneo hasta la tercera planta se divide en dos tramos de 8,67 metros cada uno. La columna Phoenix plantea una debilidad en su unión o encuentro con las vigas, similar al de una columna de hierro fundido y su encaje con la basa de fundación, unión relevante en los países sísmicos. En el edificio la columna es modificada para conectarse a las vigas, modificación también aplicada en edificios de altura de Estados Unidos (Freitag 1895), consistente en la incorporación de un fierro plano a lo largo de cada uno de los encuentros entre los cuartos de caño, como un refuerzo en la sección de la columna y como una forma de dar espacio a la inserción de una plancha de acero a la cual se unen las vigas doble T (Figura 14).

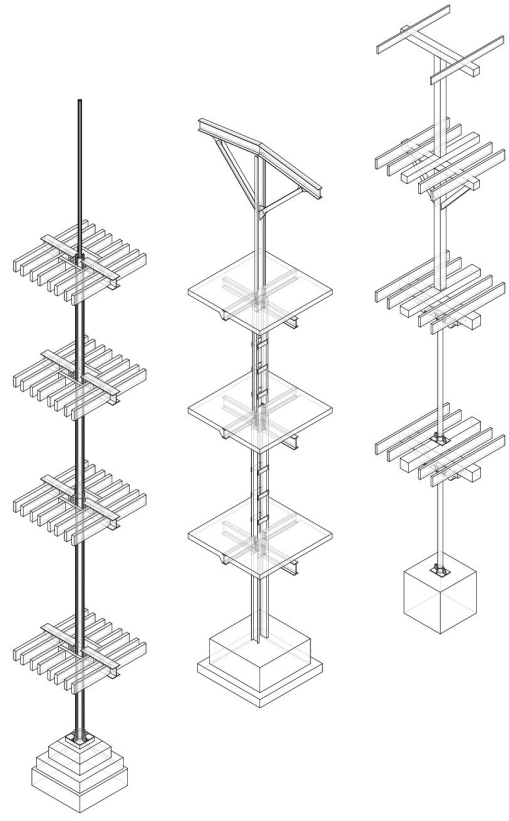


Figura 15
Comparación entre el pilar tipo de los edificios (de izq. a der.): Casa Morrison, Jabonería La Estrella y Ramon de la Vega (dibujo de los autores)

## Conclusiones

Después del terremoto de 1906 es destacable el dinamismo de la reconstrucción de Valparaíso, introduciéndose principalmente tres sistemas constructivo-estructurales, los cuales pueden ordenarse en tres categorías que se solapan cronológicamente: las estructuras metálicas, las mixtas y las de hormigón armado. La utilización de estos sistemas es gradual y se inicia con el reemplazo de partidas menores en el proceso de construcción. Posteriormente y producto del conocimiento de las ventajas de los nuevos materiales, su disponibilidad y las necesidades de una construcción económica y confiable, se especifican estructuras de mayor complejidad que en combina-

ción con los sistemas tradicionales conforman estrategias para la resistencia a los sismos y los incendios. (Figura 15)

## Agradecimientos

Esta ponencia es un resultado del Proyecto Fondecyt de Iniciación n° 11190301, "El terremoto de 1906 y su impacto en la arquitectura, la ingeniería y la construcción de Valparaíso" financiado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID).

Agradecimientos al Archivo Histórico Patrimonial de la Ilustre Municipalidad de Valparaíso y a su encargada Ana María Ojeda por su colaboración en la elaboración de esta ponencia.

## Notas

1. En el diario La Unión de Valparaíso de junio de 1908 se informa de un edificio en proceso de construcción en el sector de El Almendral (el sector más afectado por el terremoto de 1906 y posterior incendio) que era construido con el sistema del ingeniero norteamericano H. L. Lewen, en proceso de tramitación de una "patente de privilegio exclusivo" para la explotación de su invención, un sistema de "construcción en terrenos blandos contra incendios y terremotos".
2. El último sismo de gran magnitud en las cercanías de Valparaíso (San Antonio) fue el de 1985 con una magnitud de 8,0 Mw. La frecuencia en la serie ha sido puesta en duda en el ultimo tiempo dado que no todos estos sismos tendrían el mismo origen (Barrientos, Sergio. 2007. "Earthquakes in Chile." En *Geology of Chile*, editado por Teresa Moreno y Wes Gibbons, 263-287. London: The Geological Society).
3. El terremoto de 1851 tuvo su epicentro en Huasco, puerto ubicado a 500 kilómetros al norte de Valparaíso.
4. El artículo fue publicado en un libro y también en dos reconocidas revistas españolas. Henríquez, Hormidas. 1907. "El Terremoto de Valparaíso bajo su aspecto constructivo." *Arquitectura y Construcción*. Año XI (n° 177):p. 119-127; (n° 178):p. 147-156. Henríquez, Hormidas. 1907. "El terremoto de Valparaíso bajo su aspecto constructivo." *La Construcción Moderna* (n° 7): p. 116-119; (n° 8): p. 130-137; (n° 9): p. 146-151; (n° 10): p. 165-170.
5. Montessus de Ballore, Fernand, Comte de. 1906. *L'art de batir dans les pays tremblements de terre*. Paris: Ch Schmid. Montessus de Ballore, Fernand, Comte de. 1906. "El arte de construir en los países espuestos a temblores de tierra." *Anales de la Universidad de Chile* Tomo 119: p. 455-485; Tomo 120: 79-159; 241-320.
6. La fábrica Hucke tiene una planta trapezoidal de aproximadamente 40 metros de lado y el edificio de Caralps tiene una planta rectangular de 18 por 22 metros, siendo la relación de área por altura de 70/1 en el primero y de 14/1 en el segundo.
7. En Londres se construyó en 1881 el mercado de Smithfield con columnas Phoneix de seis caños en su interior. El edificio es caracterizado en un monográfico como un *curioso caso* o un caso *anómalo*. (Freeman, Jenny, 2015, *The Curious Case of the Phoenix Columns in Smithfield General Market*) En Estados Unidos se construyeron una serie de edificios con la columna Phoenix. (Wermiel, Sara E. 2009. "Introduction of steel columns in US buildings, 1862–1920." *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Engineering History and Heritage* 162 (1): 19-28).

## Referencias bibliográficas

Anónimo. 1906. "Engineer says city will rise from ruins." *The New York Time*, 21/8/1906, 1906.

Barbera, Paola. 2015. "Messina después del terremoto de 1908: nuevas técnicas y lenguajes antiguos." Noveno Congreso Nacional y Primer Congreso Internacional Hispanoamericano, Segovia.

Estrada, Baldomero. 2011. "Integración socioeconómica de la colectividad alemana en Valparaíso (1850-1930)." *Historia 396* Vol. 2: p. 199-235.

Freitag, Joseph Kendall. 1895. *Architectural engineering. With special reference to high building construction, including many examples of Chicago office buildings*. New York: John Wiley & Sons.

Henríquez, Hormidas. 1906. "El terremoto de Valparaíso bajo su aspecto constructivo. Artículo dedicado a la I. Municipalidad y a los que edifican." *La Unión*, 26-30 diciembre, 1906.

Hoerning, Carlos. 1907. "El Terremoto de San Francisco de California sus efectos i la reconstrucción (Continuación)." *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile* año VII (5): 197-216 y 277-284.

Knudsen, Augusto. 1906. *Terremotos y Edificios Antisísmicos*. Santiago de Chile: Imprenta de "El Diario Ilustrado".

Koning, Carlos. 1906. "Las construcciones i el terremoto, informe pasado por la dirección de obras públicas al ministerio del ramo." *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile* Año VI (n° 8-9): p. 405-411.

Machado, Miguel R. 1909. "Los temblores en Chile." *Boletin del Museo Nacional de Chile*, p. 31-59.

Maino, Sandro, Katherine Cabezas, and Marion Koch. 2020. "Iron cages." Technical discussions after the 1906

Valparaíso earthquake and reconstruction with new techniques and materials." 12th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions (SAHC), Barcelona.

Montessus de Ballore, Fernand, Comte de. 1907. *El arte de construir en los países espuestos a temblores de tierra*. Santiago de Chile: Imprenta Cervantes.

Pérez, Fernando, Rodrigo Booth, Claudio Vásquez, and Yolanda Muñoz. 2021. "Cimentando el centenario: el hormigón en tres edificios de Santiago de Chile a comienzos del siglo XX." *Atenea* 1 (523): p. 39-61.

Ramírez, Matías. 2022. "Teatros y cines de Valparaíso en el primer tercio del siglo XX. Sus transformaciones arquitectónicas y constructivas." Tesis de pregrado, Departamento de Arquitectura, Universidad Técnica Federico Santa María.

Reitherman, Robert. 2012. *Earthquakes and engineers: an international history*. Reston, Virginia: ASCE Press.

Rodríguez, Alfredo, and Carlos Gajardo. 1906. *La catástrofe del 16 de agosto de 1906 en la República de Chile*. Santiago de Chile: Imprenta, Litografía y Encuadernación Barcelona.

Sánchez, Carlos. 1952. *Evolución histórica de la industria siderúrgica chilena e ibero-americana*. Santiago de Chile: Nascimento.

Tobriner, Stephen. 2006. *Bracing for disaster : earthquake-resistant architecture and engineering in San Francisco, 1838-1933*. Berkeley, California: Bancroft Library, University of California : Heyday Books.

Tornero, Recaredo Santos. 1872. *Chile Ilustrado. Guía Descriptivo del Territorio de Chile i de los puertos principales*. Valparaíso: Librerias i Ajencias del Mercurio.

Valtieri, Simonetta, ed. 2008. *28 dicembre 1908 : la grande ricostruzione dopo il terremoto del 1908 nell'area dello Stretto*. Roma: Clear.

# La carpintería de armar en el virreinato del Perú

Francisco Mamani Fuentes

Durante el siglo XVI el avance de los españoles en América del Sur impulsó la creación de poblados en los que la política constructiva estuvo marcada por la urgente necesidad de erigir rápidamente casas e iglesias. Este primer periodo, de carácter fundacional, se caracterizó entonces por la selección de técnicas constructivas que respondieran a esta urgencia, construyéndose de esta manera cubiertas no permanentes. Luego, tras un corto periodo de tiempo, el establecimiento de la dominación española dio lugar a que estas soluciones constructivas debieran ser perdurables, utilizando para ello la madera en la construcción de armaduras y forjados para cubrir los espacios domésticos y religiosos. Sin embargo, esta forma hispánica de construir debió adaptarse a nuevos condicionantes, propios de la realidad de cada territorio, tales como el tipo de madera o el lugar donde conseguirla, la pluviosidad o la sismicidad. Además, los españoles debieron aprender de las técnicas y conocimientos de los constructores indígenas. Estos factores activaron un proceso de aprendizaje técnico que permeó en diversos grados a la carpintería de armar hispánica, dando como resultado un nuevo abanico de soluciones constructivas.

El objetivo de este artículo es justamente identificar y caracterizar las manifestaciones de la carpintería de armar en la zona andina, tarea que, si bien ha tenido una evolución historiográfica constante desde las primeras décadas del siglo XX, no ha sido abordada de manera interregional ni comparativa. Temporalmente se concentrará en las cubiertas construidas desde la década de 1530 hasta 1650. Este periodo ha sido seleccionado simplemente como marco referencial, pues permite identificar las soluciones en madera que fueron utilizadas durante el primer siglo de la dominación española en los Andes, así como su evolución a partir de la adaptación a los condicionantes de cada territorio. Por otro lado, tomando en cuenta la larga extensión del virreinato peruano durante este periodo, se han elegido solo algunos territorios, pues en estos se encuentran tipologías representativas de la diversidad de la carpintería de armar desarrollada en todo el virreinato. Estos territorios son: Lima y la zona que rodea Cusco en Perú, el altiplano peruano, Tunja y el altiplano cundiboyacense en Colombia, Quito en Ecuador y el territorio recorrido por la *Ruta de la plata* en Perú, Bolivia y Chile.[1]

## Antecedentes historiográficos

En septiembre de 1918, Darío Rozo –profesor de Dibujo y de Arquitectura de la Universidad Nacional de Colombia– y Cristóbal Bernal –profesor de Arquitectura en la misma institución–publicaron un texto dedicado al estudio formal de las cubiertas construidas en la Santafé colonial, como resultado del interés que la carpintería histórica tenía en ese momento en España. Sin embargo, no será hasta la publicación del libro de Manuel Toussaint (1946) que aparezca un

enfoque americano dedicado a la construcción de cubiertas, generando una nueva área de estudio de la arquitectura virreinal (Mamani 2022a).

Sin lugar a dudas, el interés por la carpintería de armar favoreció las iniciativas que tenían por objetivo iniciar procesos de patrimonialización en las iglesias coloniales y promover su restauración y conservación. De esta manera, varias de las cubiertas fueron restauradas, generando una gran cantidad de informes que son actualmente otra de las fuentes para el estudio de la carpintería de armar.[2] Por otro lado, han aparecido aportes a partir de tesis doctorales, como las de Pedro Hurtado (2012), Angélica Chica (2015), y Francisco Mamani (2022b). Para finalizar con estos avances en la materia, Enrique Nuere ha publicado recientemente un libro con una interesante sección dedicada a las cubiertas construidas en el Virreinato del Perú (Nuere 2021).

## La carpintería de lo blanco y la carpintería de armar

Como en toda área disciplinar, la construcción de un vocabulario común ha sido uno de los objetivos prioritarios para un adecuado estudio de las cubiertas en madera. Su conformación ha dependido en gran medida de los términos utilizados en los tratados de carpintería escritos durante el siglo XVII, así como de las reediciones que han incluido un glosario de términos. Pero también se han agregado otros que, si bien son parte de la tradición hispánica, no lo son de la terminología propia de los tratados. Estos dos grupos de términos permiten diferenciar dos ámbitos de investigación que, aunque pueden interrelacionarse, tienen ciertamente dos orígenes distintos. Por un lado, tenemos las investigaciones que beben de las relaciones entre los tratados de carpintería y la lacería, así como también de los sistemas constructivos que le son asociados, agrupándose en la llamada *Carpintería de lo blanco.* Esta vinculación puede también sustentarse en las ordenanzas de carpintería publicadas en Sevilla (1527) y Lima (1575), que distinguen a los carpinteros de lo blanco de los de lo prieto a partir de sus competencias en el uso de la lacería. Por otro lado, se encuentran las investigaciones que incluyen todas las otras manifestaciones de la carpintería de armar, tales como los artesonados, la construcción entramada, las bóvedas encamonadas, los chapiteles o los sistemas de cubiertas hechos a partir de tijeras o de cerchas.

Tal y como se puede constatar a través de la observación de las cubiertas, tanto los conceptos proveniente de la tratadística como aquellos que han sido incorporados después amplían la concepción que tenemos de la carpintería de armar. Así, la coexistencia de diversas soluciones constructivas en un mismo edificio o en un mismo espacio geográfico permite entender la carpintería no solo desde la peculiaridad ligada a la lacería, sino también a partir de los artesonados, cúpulas, u otros tipos de cubiertas. Si bien este fenómeno se manifiesta también en la península ibérica, lo que sucede en los Andes tiene características dadas por la interrelación de factores humanos y ambientales propios, diferenciándose esta carpintería de aquella desarrollada en la zona novohispana o en el Caribe. Bajo esta premisa de diversidad y de coexistencia de soluciones lignarias, limitar el estudio de la carpintería solo a la lacería no corresponde con la realidad técnica y estética de las cubiertas de los edificios construidos durante este periodo. Por esta razón, al utilizar la categoría *Carpintería de armar* se incluyen más tipologías, correspondiendo mejor a la realidad presente en las edificaciones construidas en la época.

# Edificios y tipologías

## Inventario

La importancia de las cubiertas no solo se define a partir de su valor patrimonial –que sin duda es un factor fundamental para la restauración y la conservación–, sino que también se define por su utilidad estructural, pues estas tienen el trabajo de cubrir y proteger el edificio de factores externos como la lluvia, el viento o la gravedad. Por esta razón, conocer cuántas cubiertas existen y en qué estado se encuentran es vital para conocer su historia constructiva, así como para promover una política que incida en su protección. Así, la elaboración de inventarios de cubiertas ha sido uno de los objetivos principales de la investigación sobre la carpintería de armar. Sin embargo, en la mayoría de los casos, su motivación ha sido solo generar un registro de las armaduras de lazo, debido principalmente al interés que despierta la monumentalidad de la técnica, dejando a las cubiertas simples –sin decoración– fuera de los inventarios.

Para realizar un buen inventario es necesario tomar en cuenta la experiencia adquirida por Nuere a raíz del inventario de armaduras españolas que realizó en 1985: «Si queremos establecer una correcta clasificación de nuestra carpintería, lo primero que tenemos que analizar es el conjunto de técnicas utilizadas por los carpinteros, a partir de las cuales irán saliendo distintas tipologías que corresponderán, (o no), a distintas soluciones estructurales que encontremos» (Nuere 2005, 800).

Este enfoque puesto en las técnicas y no en las peculiaridades visuales de las armaduras de cubierta debe ser el punto de partida para estructurar un inventario de la carpintería de armar del virreinato peruano. Además, deberían incluirse las reflexiones sobre la mirada inclusiva de las soluciones constructivas utilizadas para cubrir los edificios. Pero en el proceso de confección de un inventario para el caso virreinal peruano surge un problema con el que Nuere no tuvo que enfrentarse: la extensión territorial. Frente a este problema, la historiografía ofrece una solución: agrupar las cubiertas según el país donde actualmente se encuentran. Así, se han realizado inventarios no exhaustivos de Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina, tomando como referencia solo algunas ciudades (López Guzmán 2016 [2000]). Si bien estos inventarios no son representativos de la cantidad de cubiertas existentes en estos países, al menos han contabilizado aquellas que tienen lazo, incluyendo en menor medida otras tipologías.

A partir de las publicaciones que han incluido estos inventarios y los resultados de mi investigación doctoral dedicado a la arquitectura religiosa (2015-2022), he elaborado un inventario de inclusivo en cuanto a las tipologías, incorporando además las cubiertas desaparecidas de las que solo tenemos registro documental. Así también se han considerado las cubiertas reconstruidas o restauradas que han mantenido la tradición constructiva del edificio.

Este resumen del inventario (Tabla 1), si bien está organizado por países –invisibilizando las particularidades regionales–, nos puede entregar ciertos datos interesantes. De las 284 cubiertas registras, 33 son de lazo, lo que nos hable de esta tipología como una peculiaridad en este universo de las soluciones constructivas. En cuanto a la cantidad de cubiertas desaparecidas, Perú se erige como el que más concentra este fenómeno, con 35 desaparecidas frente a un total de 78 que aún siguen en pie. Finalmente, el bajo número de cubiertas registradas en Chile o Ecuador apunta hacia la necesidad de un mayor de trabajo de campo y documental, pudiendo ampliarse a otros países como Argentina o Paraguay que no fueron considerados en los objetivos de la investigación doctoral.

Tabla 1. Cubiertas construidas en los territorios pertenecientes al Virreinato del Perú (elaboración propia)

| País | Con lazo | Sin lazo | Desaparecidas | Otras | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| **Colombia** | 9 | 40 | 7 | 12 | **68** |
| **Ecuador** | 6 | - | 1 | 5 | **12** |
| **Perú** | 4 | 49 | 35 | 25 | **113** |
| **Bolivia** | 14 | 22 | - | 28 | **64** |
| **Chile** | - | 5 | 1 | 21 | **27** |
| **Total** | **33** | **116** | **44** | **91** | **284** |

*La construcción*

La solución más común a la hora de cubrir edificios en la mayor parte de los territorios del Virreinato del Perú fue el sistema de par y nudillo (Figura 1). Si embargo, en algunas edificaciones aparecen otras soluciones, como el sistema de tijerales, que como se ha demostrado fue una técnica constructiva utilizada por los pueblos andinos desde antes de la conquista y que continuó usándose en varios pueblos de indios (Agurto 1987, 226). Varios de estos ejemplares se encuentran, por ejemplo, en Bolivia, como en la iglesia de San Cristóbal en Potosí o en la capilla de Salinas de Garci y Quillacas, siendo, en general, fabricadas con cañas o con maderas de cardón (Barbarich y Tomasi 2020) (Figura 2). Asimismo, en el altiplano cundiboyacense, donde hubo una intensa política constructiva debido a la fundación de iglesias de doctrina para los pueblos de indios, se utilizaron tanto el sistema de par y nudillo como las tijeras. Así, solo por citar algunos ejemplos, aparece el par y nudillo en las iglesias de Tobasía o Oicatá, y las tijeras en Turmequé.

Las estructuras de par y nudillo pueden estar ocultas de dos formas: *forradas* con tablas de madera o *embarradas*, es decir, recubiertas con una torta de barro compuesta por paja ichu (*Stipa ichu*), pelo humano o animal y la sabia del cactus San Pedro (*Trichocereus cuzcoensis*) –conocida como Aguacollay o Jaguaqollay–, que servía como mordiente y aglutinante proporcionando un secado lento y evitando así que se quebrara la estructura (Castillo 2017, 5). La primera tipología, la forrada, es bastante común en la ciudad

Figura 1
Armadura de par y nudillo de la nave central de la catedral de Tunja (Percival Tirapeli)

de Tunja (Colombia), siendo utilizada tanto en iglesias –Santa Bárbara, Santa Clara y Santo Domingo–, como en ciertas casas de la nobleza local –la de Juan de Castellanos, la del Fundador y la del Escribano– (Morales 1998) (Figura 3). Un caso interesante de esta tipología es el que se encuentra en las armaduras de la iglesia de San Juan en Juli (Altiplano peruano), que fueron cubiertas con piel curtida de vicuña y tejidos (Vela Cossío 2009, 1445-1446). La segunda tipología, la embarrada, aparece normalmente en el presbiterio de las iglesias de los pueblos ubicados alrededor de Cusco en Perú, como Marcapata, Canincunca, Checacupe, Cacha, etc. Un caso particular de esta tipología se encuentra en el presbiterio de la iglesia de San Pedro de Andahuaylillas, que presenta a simple vista lo que parece ser una armadura ochavada con lazo, pero que gracias a su última restauración pudo comprobarse que posee dos estructuras: una armadura de par y nudillo que soporta el tejado y una cubierta con forma de

Figura 2
Tijerales construidos según la tradición constructiva de los Andes bolivianos (Philipp Schauer)

artesa invertida (Figura 4). Esta cubierta está fabricada con una mezcla de barro, tejido de caña kurkur (*Chusquea scandens*) y aguacollay, y está atada a la armadura portante con sogas de paja y cuero. El lazo instalado en esta estructura de barro está hecho de rollizos de madera de aliso (*Alnus jorullensis*) (Castillo 2017, 7)

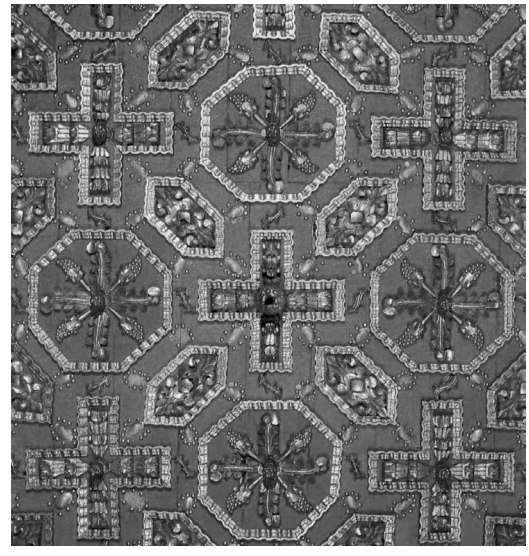


Figura 3
Detalle del forro de la armadura del presbiterio de la iglesia de Santo Domingo en Tunja, el diseño ha sido tomado del tratado de Serlio (Alfredo Iriarte).

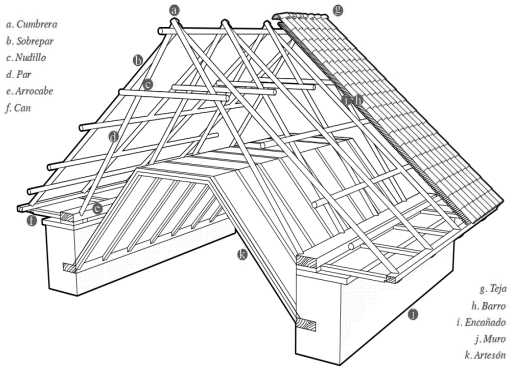



Figura 4
Estructura de la cubierta del presbiterio de la iglesia de San Pedro en Andahuaylillas a partir de la investigación de D. Castillo (2017) (elaboración propia)

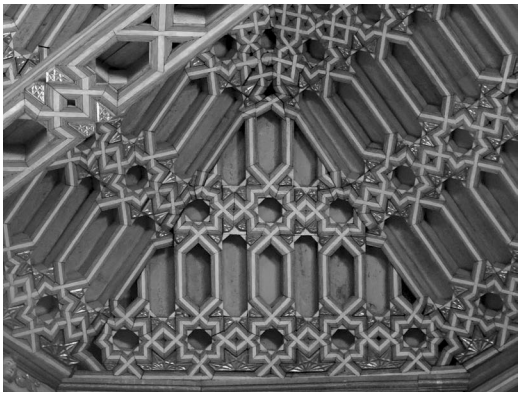


Figura 5
Faldón triangular ubicado en una de las esquinas de la nave de la iglesia de Santo Domingo en Quito (foto del autor)

En cuanto al uso de las limas en las armaduras de par y nudillo se constata la presencia de dos tipos: moamares y bordones. En algunos casos estas limas parecen ser solo decorativas, sin embargo, la mayoría cumplen con su función principal, la estructural. En el caso de las moamares, el uso del campaneo es recurrente. Un caso particular se manifiesta en la ciudad de Quito (Ecuador), donde todas las armaduras –situadas en distintos lugares de la iglesia– carecen de limas.[3] Estas son reemplazadas por un paño triangular, puesto en las esquinas de la armadura con el fin de conectar los otros faldones, eliminando así la tarea de acampanar la lima (Figura 5). No se conocen documentos ni otros ejemplares que permitan explicar los motivos de esta solución constructiva. Nuere sugiere, sin embargo, la idea de que podría deberse a la dificultad de ejecutar el campaneo, así como a la poca presión del gremio de carpinteros de Quito (Nuere 2001, 280). Pero ¿cómo es posible que estos carpinteros, aparentemente inexpertos, fuesen capaces de construir armaduras de un alto nivel técnico, reconocidas como los ejemplares más imponentes del virreinato peruano? La complejidad que hoy supone pensar el campaneo de la lima a partir de la tratadística ha inducido a asumir que esta técnica era una de las más complejas de aprender para los carpinteros, pero también es posible explicar esta solución como una alternativa práctica o incluso una innovación técnica que transforma la presentación visual de la armadura.

Para el caso de las cubiertas planas, se encuentran dos tipologías bien diferenciadas. Por un lado, se encuentran los *artesonados*, como los que están en la antesacristía del Convento de San Agustín en Lima, en la sala de visitas del Convento de Santo Domingo en Lima o en el salón principal de la Casa del Almirante en Cusco (Figura 6). Por otro lado, están las *cubiertas con viguería a la vista,* como el de la sala de

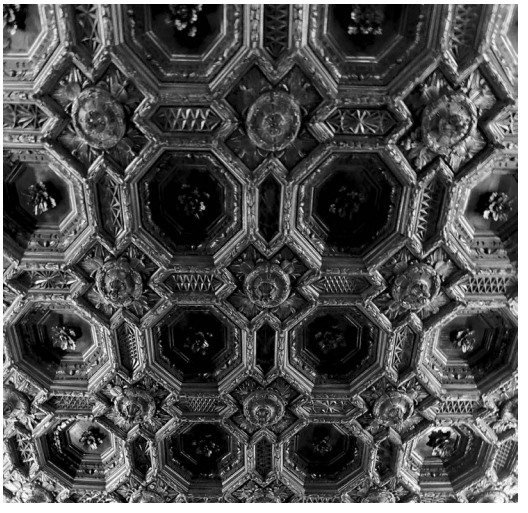


Figura 6
Artesonado del convento de Santo Domingo en Lima (foto del autor)

audiencias del antiguo Tribunal de la Inquisición en Lima o la mayoría de las cubiertas que se encuentran en los claustros de los grandes conjuntos conventuales en Lima y Cusco. También hay forjados de piso con viguerías a la vista debajo de los coros altos, un ejemplo representativo es el que se encuentra en la iglesia de San Miguel en Sucre. Finalmente, encontramos tipologías intermedias que mezclan tanto los casetones como la vigas que componen el cubierta, como es el caso de la estructura que se encuentra en la nave de la iglesia de San Francisco en Santiago de Chile (Figura 7).

Figura 7
Detalle de la cubierta de la nave de la iglesia de San Francisco en Santiago de Chile (foto del autor)

Debido a su monumentalidad las cúpulas de madera son una de las tipologías constructivas más importantes del virreinato peruano. Solo dos han sobrevivido, una en Lima y otra en Potosí. La cúpula limeña, construida en el monasterio de San Francisco (1625) y dos veces reconstruida (1725 y 1973), es sin duda un símbolo de la lacería, demostrando las altas competencias técnicas de los carpinteros virreinales (Figura 8). La cúpula potosina, construida en la iglesia de Nuestra Señora de Copacabana, pertenece a una tipología diferente, pues es una bóveda de media naranja sobre pechinas, ejecutada enteramente en madera por medio de casetones que siguen el tratado de Serlio (Figura 9). No se conoce la fecha exacta de su construcción, pero probablemente fue levantada durante la segunda mitad del siglo XVII, como se puede inferir del testamento de Lucas Hernández fechado en 1685 (Chacón 1973, 55). Además, se tiene registro documental de otras cúpulas

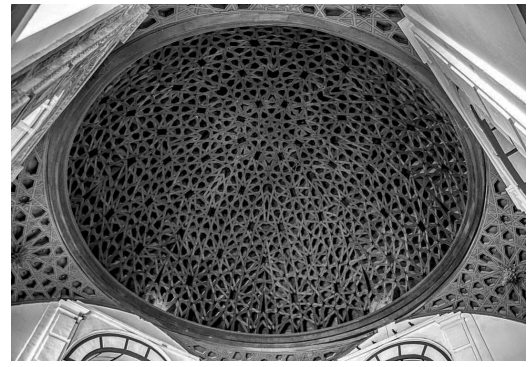


Figura 8
Cúpula de la escalera del monasterio de San Francisco de Lima (Juan Pablo El Sous)

desaparecidas en Lima durante el siglo XVII debido a los efectos sísmicos. Por ejemplo, en los conciertos de obra firmados por el carpintero Alonso Velázquez aparece registrado una cúpula de lacería construida hacia 1606 en la iglesia del Convento de las Descalzas de San José, así como una segunda casetonada en el crucero de la iglesia del Noviciado de la Compañía en 1613 (San Cristóbal 2003, 132).

Finalmente, hay algunos ejemplares de los que no se conoce muy bien su estructura, pues no hay estudios ni descripciones de su intradós, pero probablemente son soluciones derivadas del sistema de par y nudillo. La mayoría de ellas se encuentran en las iglesias que son parte de la ruta de la plata, como en Calamarca, Ayo Ayo, Caquiaviri y Sica.

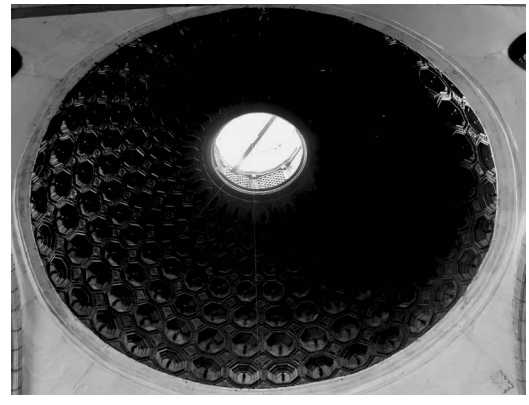


Figura 9
Cúpula de la iglesia de Nuestra Señora de Copacabana en Potosí (Javier Colmenares)

*La forma*

La mayoría de las armaduras son de tres paños y poseen un estribado que les da forma cuadrada, rectangular, octogonal u ochavada, pudiendo estar ubicadas indistintamente en el presbiterio, la nave, el transepto, las capillas o el coro alto. Sin embargo, en Lima, se tiene registro de XXX armaduras de cinco paños, un fenómeno constructivo singular en el virreinato peruano. Este comenzó a fines del siglo XVI, primero en las iglesias de las órdenes de los dominicos, franciscanos y jesuitas, y después en otros edificios.[4] Todas ellas han desaparecido producto de los terremotos del siglo XVII, siendo reemplazadas por otras soluciones constructivas. También se tiene evidencia de otra armadura de cinco paños en la desaparecida iglesia de La Compañía en Santiago de Chile (Ovalle 1646).[5] Incluso se tiene registro de una de siete paños en la iglesia del convento de Santa Clara de Lima.

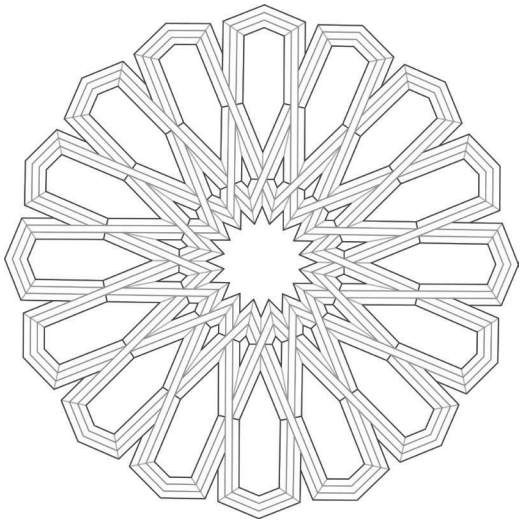


Figura 10
Rueda de lazo de 16 presente en el almizate de la nave de la iglesia de Santo Domingo en Quito (elaboración propia)

*La decoración*

Como se ha presentado en la tabla, existe una gran cantidad de cubiertas que no tienen ningún tipo de decoración específica.[6] Sin embargo, hay otras que presentan una ornamentación particular. En primer lugar, está la lacería, dispuesta tanto en los faldones como en el almizate y/o en los tirantes dobles, a través de ruedas de lazo con estrellas de 8, 12 y 16 en su centro (Figura 10). Asociada al lazo se encuentra también la decoración basada en la cinta y saetino, junto a racimos de mocárabes y pinjantes. Luego, está la decoración *a la romana,* caracterizada por el uso de casetones. Finalmente, se encuentran las pinturas en soporte de madera o en torta de barro encalada, usadas para representar textiles, iconografía religiosa y floral, como en la nave de la iglesia de San Pedro en Andahuaylillas y en otras iglesias de la zona cusqueña (Figura 11). También hay otras pinturas que representan imágenes sacadas de tratados renacentistas, como las que están en Tunja, donde se ha utilizado una versión del rinoceronte de Durero en las armaduras forradas de la casa del Escribano y de la del Fundador, acompañado de un rico programa iconográfico (Figura 12). También en Tunja, en las iglesias de Santa Bárbara, Santa Clara y Santo Domingo, hay diseños ornamentales provenientes del tratado de Serlio. Estos diseños se llevaron a cabo mediante la instalación de viguetas planas y de tablas en el forro de madera de la armadura, representando de esta manera los entrelazados geométricos que aparecen en el tratado.

## Conclusión

Como se ha podido constatar a lo largo de este artículo, existe una gran diversidad de tipologías asociadas a la carpintería de armar en los territorios que

Figura 11
Cubierta de la nave de la iglesia de San Francisco de Asís de Marcapata (José Carbonell)

Figura 12
Detalle de la cubierta del salón de la casa del escribano Juan de Vargas en Tunja (Stefan Revollo)

fueron parte del Virreinato del Perú durante el siglo XVI y XVII. Además, se ha introducido al lector en una discusión que no había sido analizada de manera comparativa ni interrelacionada. Si bien la tradición historiográfica bebe del mudejarismo y ha estado atravesada por un tendencia que priorizó aquello que se veía a simple vista –sin indagar en profundidad en el proceso constructivo–, con el paso del tiempo se han ido integrando nuevas perspectivas teóricas que han hecho indisociables el estudio la documentación, lo visual y la restauración.

Aunque la lacería debe tener un lugar importante, esta no debe invisibilizar el estudio de cubiertas más sencillas. Esta invisibilización ha provocado que muchas de estas cubiertas hayan sufrido daños o incluso intervenciones sin supervisión. Ahora bien, existen otros casos en donde se ha intentado respectar la estructura de par y nudillo, siendo remplazada completamente y manteniendo el lenguaje constructivo del edificio.[7]

Asimismo, la inclusión de otras cubiertas en el análisis de la carpintería de armar del virreinato peruano permite valorizar la gran diversidad de competencias constructivas de los carpinteros de la época virreinal, demostrando que el desarrollo de la técnica tomó un rumbo particular condicionado por los factores ambientales y humanos de la zona andina. Esto permite pensar la carpintería virreinal peruana a partir del estudios de los carpinteros responsables de la construcción de las cubiertas y de las redes de circulación de técnicas entre regiones o localidades. Incluso, proporciona los datos necesarios para realizar comparaciones con otros territorios de la corona hispánica, como Castilla, las Canarias, Nueva España, el Caribe o Filipinas, así como también con las posesiones pertenecientes a la corona portuguesa, como Brasil o Goa, que durante el siglo XVI y XVII estaban reunidas bajo la misma monarquía.

Pero el estudio de la carpintería de armar no puede solo limitarse a este periodo. Al final de la primera mitad del siglo XVII, aparecen nuevas soluciones constructivas de madera que se adaptan mejor a las condiciones sísmicas de los territorios. Estas nuevas soluciones, bóvedas de madera usando el sistema de quincha o las medias naranjas con cerchas, van a reemplazar a las armaduras de par y nudillo, cambiando el escenario de la carpintería de armar, especialmente en la ciudad de Lima. En otros lugares del virreinato, las armaduras de par y nudillo convivirán con armaduras de pendolón o con tijeras autoportantes, que esta vez no serán de tradición indígena. Es un hecho, entonces, que la diversidad de la carpintería de armar en el virreinato peruano ofrece un abanico de tipologías que deben continuar siendo estudiadas, por lo que este inventario seguirá en continua actualización, estando abierto a la cooperación de otros investigadores.

## Notas

1. La *Ruta de la plata* es territorio atravesado por las rutas históricas de la plata y del mercurio durante el auge de la explotación minera en la época colonial, conectando de esta manera la ciudades de Huancavelica (Perú), Potosí (Bolivia) y el puerto de Arica (Chile).
2. La Recoleta de San Diego en Quito (1982), San Francisco en Quito (2003), Santo Domingo en Quito (2007) y San Pedro en Andahuaylillas (2017).
3. Se trata de las iglesias de Santo Domingo, San Francisco y de San Diego.
4. Hospitales: Santa Ana, Espíritu Santo, San Pedro y San Andrés. Iglesias: Noviciado de la Compañía de Jesús, San Marcelo, San Sebastián, San Lázaro, Nuestra Señora de los desamparados y Santa Catalina.
5. «Está cubierto el techo del cuerpo de la Yglesia, de madera de ciprés a cinco paños, y aunque los quatro colaterales son de primorosa lacería, pero el quinto de en medio está tan curiosamente labrado, con tantos labores, tanta variedad de encuentros, triángulos, puntas, esquinas, quadrados, y diversidad de figuras, que parece aquien lo mira de abaxo, un entrincado laberinto, esta, pendientes atrechos hermosas piñas, que todo junto con

el encornijamiento, que corre por el muro, haze una vistosa, y agradable perspectiva» (Ovalle 1636, 156).

6. Si bien muchas de estas cubiertas tienen pintadas las vigas, no sabemos si este color respeta su historia. En algunos de estos casos han sido pintadas de blanco debido al encalado protector para evitar el ataque de los xilófagos.
7. En Cusco se encuentran las armaduras de las iglesias de San Antonio, San Cristóbal, San Jerónimo, San Santiago y Santa Ana. Así como también en otras localidades del área cusqueña: San Bartolomé en Tinta, San Francisco en Huasac, San Francisco de Asís en Maras o San Juan Bautista en Ccatcca.

## Lista de referencias


Agurto Calvo, Santiago. 1987. *Estudios acerca de la construcción, arquitectura y planeamiento incas*. Lima: Cámara Peruana de la Construcción.

Barbarich, María Florencia, y Jorge Tomasi. 2020. «Los cardones en los tijerales. El uso de la madera de cactus columnares en el patrimonio arquitectónico de la Puna de Atacama (Susques, Jujuy, Argentina)». *Apuntes: Revista de estudios sobre patrimonio cultural* 33, 1-17.

Bernal, Cristobal, y Darío Rozo. 1918. « Alfarjes Santafereños ». *Anales de Ingenieria* 26: 229318.

Chacón Torres, Mario. 1973. *Arte virreinal en Potosí*. Sevilla: Escuela de Estudios Hispanoamericanos.

Castillo Cerf, Diana. 2017. «Analogías y diversidades en tres artesonados cusqueños». En *Mestizajes en diálogo: VIII Encuentro Internacional sobre Barroco (Arequipa, 2015)*, editado por Norma Campos Vera, 40-49. La Paz: Fundación Visión Cultural.

Chica Segovia, Angélica. 2015. «Aspectos histórico – tecnológicos de las iglesias de los pueblos de indios del siglo XVII en el Altiplano Cundiboyacense como herramienta para su valoración y conservación». Tesis doctoral, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Hurtado Valdez, Pedro. 2012. «Bovedas Encamonadas: Origen, Evolucion, Geometria y Construccion entre los Siglos XVII y XVIII en el Virreinato de Perú». Tesis doctoral, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

López Guzmán, Rafael. 2016 [2000]. *Arquitectura mudéjar: del sincretismo medieval a las alternativas hispanoamericanas*. Madrid: Cátedra.

Mamani Fuentes, Francisco. 2022a. «Historiografías entrecruzadas. La construcción del término "arquitectura mudéjar" en América.» En *La construcción de imaginarios. Historia y cultura visual en Iberoamérica (1521-2021)*, editado por Ester Prieto Ustio, 111-27. Biblioteca Historia de América 4. Santiago: Ariadna Ediciones.

Mamani Fuentes, Francisco. 2022b. «"Enlazada con grande artificio". La carpintería de lo blanco en la arquitectura religiosa del Virreinato del Perú en los siglos XVI y XVII». Tesis doctoral, Paris/Granada: Université Paris Sciences et Lettres-École Normale Supérieure, Universidad de Granada.

Morales Folguera, José Miguel. 1998. *Tunja: Atenas del Renacimiento en el Nuevo Reino de Granada*. Málaga: Universidad de Málaga.

Nuere Matauco, Enrique. 2001. *Nuevo tratado de la carpintería de lo blanco: y la verdadera historia de Enrique Garavato carpintero de lo blanco y maestro del oficio : con el facsímil de la «Primera y segunda parte de las reglas de la carpintería» escrito por Diego López de Arenas en 1619*. Madrid: Munilla-Lería.

Nuere Matauco, Enrique. 2005. «La carpinteria española y su inventario». En *Actas del IV Congreso Nacional de Historia de la Construcción (Cádiz. 27-29 de enero de 2005)*, 799-802. Madrid: Instituto Juan de Herrera, SEdHC, Arquitectos de Cádiz, COAAT.

Nuere Matauco, Enrique. 2021. *Desde Castilla hasta el Nuevo Mundo. Segunda parte de la Carpintería que me atrapó entre sus lazos*. Madrid: Kalam.

Ovalle, Alonso de. 1646. *Histórica Relación del Reyno de Chile y de las misiones y ministerios que exercita en la Compañia de Jesús...* Roma: Francisco Caballo.

San Cristóbal Sebastián, Antonio. 2003. *Arquitectura virreinal de Lima en la primera mitad del siglo XVII*. Vol. 1. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

Toussaint, Manuel. 1946. *Arte Mudéjar en América*. México: Porrua.

Vela Cossío, Fernando. 2009. «Carpintería de armar y albañilería de tradición española en la arquitectura peruana del siglo XVI. Algunos casos singulares del altiplano puneño». En *Actas del VI Congreso Nacional de Historia de la Construcción (Valencia, 2009)*, editado por S. Huerta, R. Soler, A. Zaragoza, y R. Marín, 1441-46. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

# Cimentación busca edificio: El caso de la torre del MuVIM de Valencia

Rafael Marín Sánchez
Arturo Zaragozá Catalán

En los sótanos del Museo Valenciano de la Ilustración y la Modernidad (MuVIM) se conserva un extenso, robusto y cuidado tramo de cimentación de difícil datación que salió a la luz durante las campañas arqueológicas dirigidas entre 1997 y 1998 por Miquel Rosselló Mesquida y Josep Burriel Alberich, con motivo de la construcción del edificio actual. Dichos restos quedaron bien integrados en el sótano de la nueva edificación, pero se pospuso su visita pública porque existían muchas dudas acerca de la autoría y las características técnicas del proyecto constructivo al que pudo pertenecer. Este hecho dificultaba su necesaria contextualización cronológica y tipológica.

La dirección del MuVIM encargó inicialmente dos informes técnicos, uno de carácter arqueológico (Rosselló 2007) y otro de tipo histórico-cronológico (Torró 2018) con la pretensión de intentar poner en contexto esa antigua cimentación. Sin embargo, las conclusiones alcanzadas no resultaron concluyentes ante la ausencia de otros datos arqueológicos y documentales complementarios a los propios restos. A la vista de lo anterior, los responsables del museo solicitaron a los autores de esta comunicación la evaluación técnica de las fábricas desde el particular enfoque de la historia de la construcción (Zaragozá y Marín 2018). En concreto, se demandaba una opinión cualificada sobre las técnicas constructivas y las características tipológicas de los restos con la esperanza de extraer alguna información útil de las propias fábricas, tras agotar otras vías de estudio.

Esta contribución persigue un doble objetivo: exponer los interesantes resultados de la investigación y dejar constancia de la decisiva contribución de la historia de la construcción al estudio de las obras del pasado con una mirada mucho más ajustada a la realidad material de la arquitectura histórica. La disciplina aborda el estudio de los edificios históricos desde la perspectiva del arquitecto-constructor. Pone el foco en el «ars», las técnicas, pero sin olvidar la «scientia», los principios esenciales de proyecto y sus condicionantes de carácter sociológico y tecnológico. Por ese motivo, aunque la historia de la construcción, lamentablemente, no ha logrado aún consolidarse del todo en el contexto académico, su amplio desarrollo durante las últimas tres décadas le ha granjeado un indiscutible reconocimiento científico y profesional. Y eso es así porque sus estrategias metodológicas y su inusual transversalidad permiten complementar e incluso integrar de manera más coherente las informaciones que ofrecen, a veces de manera un tanto fragmentada, otras disciplinas como la arqueología o la historia.

Hace 150 años el ingeniero francés Auguste Choisy, en el prólogo de su libro «el arte de construir en Roma», se lamentaba de que los edificios de la antigüedad habían sido estudiados de manera recurrente desde el enfoque de la ideación arquitectónica, pero se conocían de manera muy vaga sus procedimientos y condicionantes técnicos. Afirmaba este autor que sólo es posible alcanzar una comprensión plena de dichas construcciones desde el conocimien-

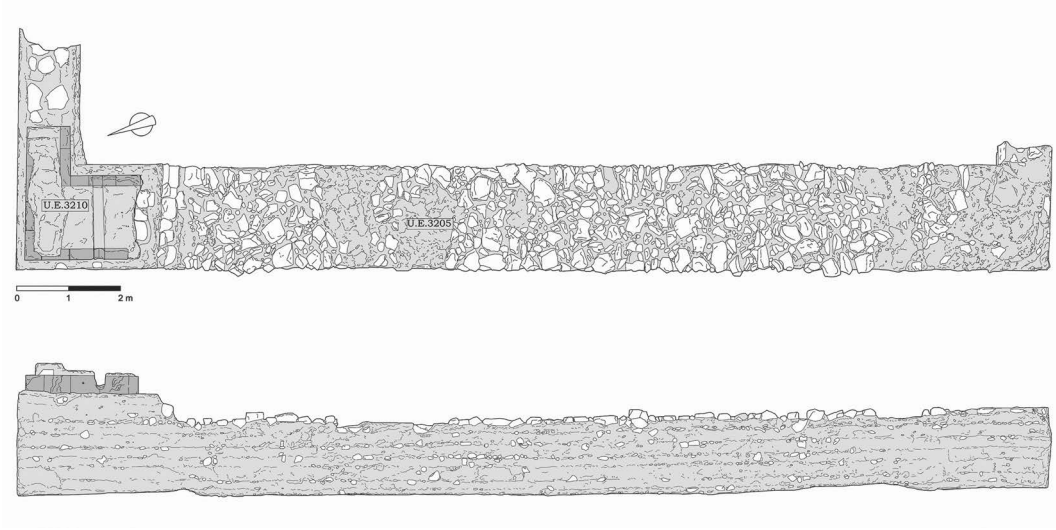



Figura 1
Planimetría en planta y sección del resto arqueológico del MuVIM. Dibujo de Roselló y Burriel (2007)

to de su estructura, las técnicas, los procedimientos y los medios auxiliares que permitieron su materialización. Y concluía diciendo que, «la historia de la construcción, por más de un motivo, merece nuestra atención» para complementar (y poner límites) a las teorías emanadas del ámbito de la historia de las formas artísticas (Choisy 1999 [1873], 1-2). Esta comunicación es un ejemplo más de que la pretensión de Choisy es ya una realidad.

## Descripción de los restos

Se conserva un fragmento de cimiento corrido, perteneciente a un edificio de planta cuadrada o rectangular de considerable envergadura, rematado en su extremo noroeste por un esquinazo de sillares isódomos que conforman el arranque de un robusto muro de tres hojas. En concreto, se ha conservado la tirada completa del cimiento que debía sostener el muro oeste de la construcción, de 22 metros de longitud, más una porción de unos 2 metros de longitud del frente norte y una fracción de apenas 0,5 metros del tramo sur. La zarpa del flanco oeste tiene un grosor aproximado de 2 metros, mientras que sus contiguas apenas poseen 1 metro de ancho.

La obra del cimiento parece inacabada, como acredita la existencia de juntas de crecimiento, planos de asiento y elementos de traba, a modo de espera, para las hiladas subsiguientes. Según se deduce del encuentro entre el brazo norte y oeste, donde el elemento fue completado en toda su altura, este debía alcanzar una cota de 2 metros una vez concluido, aunque la mayor parte del tramo conservado ronda los 1,7 metros de altura.

## Técnica de ejecución del cimiento

Su fábrica evidencia una construcción muy cuidada y de una excelente calidad. Su técnica constructiva es muy similar a la descrita por el ingeniero francés Auguste Choisy ([1873] 1990, 10-15) para los antiguos hormigones imperiales romanos ejecutados «por compresión». Esta técnica, en esencia, consistía en la puesta en obra, por separado, del conglomerante (en este caso, mortero de cal) y los áridos de distintos tamaños y procedencias con un tratamiento similar al de las fábricas de tapia.

Fue realizado por hiladas sucesivas de unos 40-50 centímetros de altura y 2,5 ó 3 metros de extensión, constituidas por dos tongadas de 20-25 centímetros

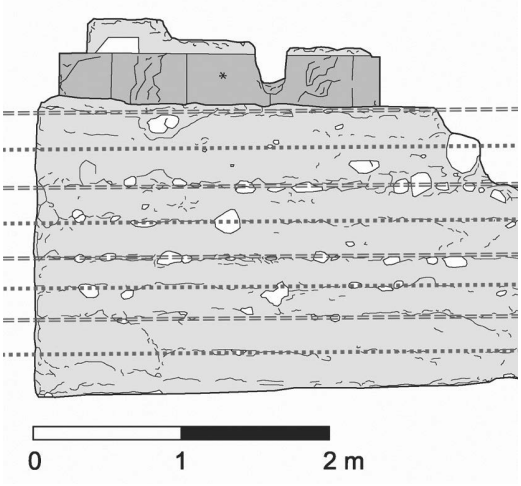



Figura 2
Detalle. Alzado del esquinazo oeste con indicación de las hiladas de crecimiento de la fábrica y las tongadas que forman cada hilada. Dibujo de Roselló y Burriel (2007)

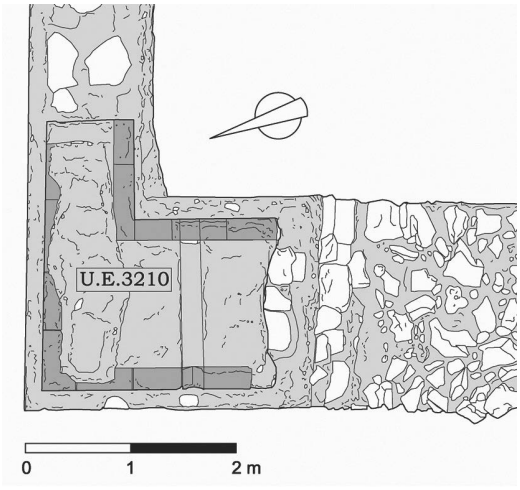



Figura 3
Detalle. Planta del esquinazo noroeste. Dibujo de Roselló y Burriel (2007)

de espesor, de las que se detectan evidencias en el muro en forma de leves intersticios horizontales en los sucesivos planos de asiento. Estos fueron ocasionados por la escasa adherencia entre las tongadas, tan habitual en aquellas fábricas realizadas con la técnica de la tapia. La evidencia anterior, así como los intersticios de las juntas verticales entre piedras y las variaciones regulares del espesor, podrían ser debidas al uso de la pala para el vertido del mortero y los guijarros.

En primer lugar, se extendió una capa de 10 ó 15 centímetros de mortero de cal aérea de consistencia plástica con arena gruesa. A continuación, se vertió encima, tal vez con ayuda de una pala, otra capa de similar altura a base de guijarros (grava gruesa de río) cuya granulometría, de muy variado tamaño, sobrepasa en ocasiones los 10 centímetros de diámetro. Seguidamente, debió someterse a un enérgico apisonado con ayuda de pisones de madera similares a los usados para la confección de las tapias de tierra. De este modo se mejoraba su compacidad y se hacía fluir el mortero por todos los intersticios de la fábrica. Finalmente, se extendió un tercer vertido a base de grandes mampuestos irregulares de aristas vivas, que en el caso que nos ocupa poseen un tamaño máximo de 30-40 centímetros, y se procedió a un nuevo apisonado. Estas grandes piedras no se podían incrustar completamente en la hilada inferior, ya muy compactada por un proceso de apisonado tan enérgico, como bien se observa en el plano superior del resto analizado. De esa forma, su volumen emergente contribuía al «cosido» entre hiladas sucesivas.

Cuando el terreno no tenía estabilidad suficiente este tipo de fábricas necesitaba del auxilio de un encofrado provisional de madera, recuperable o no. La compresión producida durante el apisonado de los grandes mampuestos de piedra sobre la masa del mortero de consistencia plástica mezclado con áridos de río ejercía empujes horizontales significativos sobre las caras laterales, obligando a asegurar su contención. Aunque durante la inspección visual no resultó posible detectar las huellas de este virtual encofrado por el estado de la fábrica, el proceso constructivo descrito no ofrece dudas.

## Descripción del arranque del muro

En la esquina noroeste, coronando el cimiento, se conserva un pequeño fragmento de arranque de un muro compuesto de tres hojas (dos paramentos de sillares y un relleno), configurado mediante el encuen-

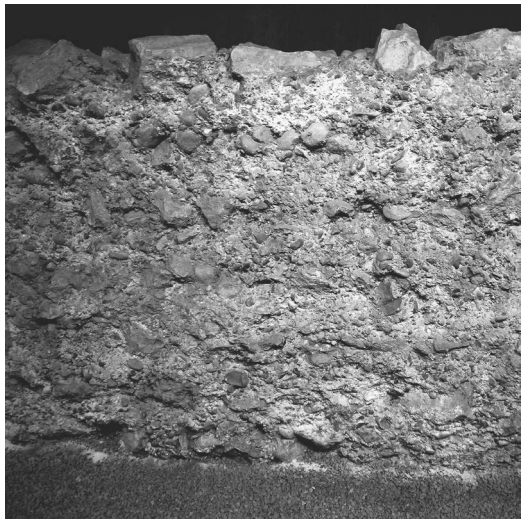


Figura 4
Detalle del paramento interior de la fábrica norte. Se distinguen los estratos de vertido de los materiales y los intersticios en sus planos de asiento

tro en esquina de dos brazos unos 2 metros de longitud. El tramo oeste del muro tiene 1,6 metros de grosor mientras que en el brazo norte se reduce a la mitad (80 centímetros). El ancho del cimiento, por tanto, sobresale unos 20 centímetros por cada flanco con respecto a los paramentos del muro.

Sus dos paramentos conservan una única hilada de sillares isódomos de unos 50x25x20 centímetros (ancho, alto y espesor, respectivamente). En total, se conservan 12 sillares, de los cuales, 7 conforman las caras exteriores del muro (fachada) y otros 5 las interiores. Merece destacarse que 4 de los 7 sillares recayentes a la fachada poseen una característica marca de cantería formada por 3 líneas que se cruzan a 120º y están rematadas por 6 puntos trepados formando los vértices de un hexágono. El núcleo del muro, de 1,2 metros y 0,4 metros respectivamente, está formado por un aglomerado de mortero con grandes mampuestos de aristas vivas, vertido por estratos de unos 20-25 centímetros de altura.

Se ha identificado un orificio transversal de unos 15x20 centímetros que atraviesa de parte a parte el muro oeste, a 1,5 metros de la esquina. Para su formalización fue necesario recortar los sillares de ambos paramentos. Podría tratarse de un desagüe o de

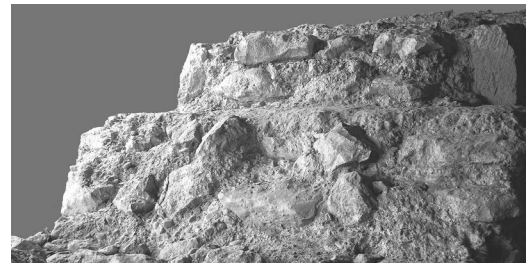


Figura 5
Detalle del núcleo interior de relleno de la fracción conservada del muro de tres hojas, desde el intradós. Se distinguen los planos de vertido por tongadas

un mechinal para el paso de alguna viga, quizás integrante de un medio auxiliar. Su existencia no ha podido ser aclarada.

## Técnica de ejecución del muro

La ejecución de este tipo de fábricas comenzaba siempre por el tendido de los sillares de los paramentos que debían ayudar a contener el posterior vertido del interior. En este caso, el relleno se compactaba de una manera menos enérgica para evitar el desplazamiento lateral de los sillares. Se trata de la principal diferencia de ejecución con respecto al macizo de cimentación. En la obra conservada se distingue con claridad su proceso de elaboración mediante tongadas sucesivas de unos 20 centímetros de altura. Las primeras constituyen una base de mortero de cal mezclado con áridos de río (guijarros) de menor tamaño que los empleados para el cimiento. Sobre aquellas se arrojaron unos grandes mampuestos calizos de aristas vivas para mejorar la resistencia y compacidad del conjunto, al tiempo que contribuían a reducir su capacidad de deformación frente a las tensiones de compresión.

## Análisis crítico de las técnicas empleadas

De lo anteriormente expuesto, cabe destacar algunos aspectos relevantes. En primer lugar, resulta incuestionable que nos encontramos ante una obra de fábrica de singular calidad constructiva cuyo avance quedó bruscamente interrumpido. Esta construcción,

aunque inacabada, parece haber formado parte de un proyecto arquitectónico ambicioso, de notable envergadura. El grosor y naturaleza de sus muros permite suponer que pudieron ser dimensionados para sustentar una cubierta abovedada, cuyas virtuales características se tratarán más adelante.

En segundo lugar, los restos conservados evidencian una organización de obra muy compleja que implicó la participación de mano de obra especializada procedente de distintos oficios y con funciones diferenciadas (caleros, canteros, etc.). También cabe hacer hincapié en la variedad de materiales seleccionados para su construcción: mortero de cal aérea, áridos de río de cuidada granulometría y grandes mampuestos procedentes de canteras emplazadas a una distancia no inferior a los 12 ó 15 kilómetros.

Su esmerada factura y el despliegue técnico descrito invitan a atribuir dichas obras al ámbito de la construcción militar, impulsada a partir de la conquista cristiana, del siglo XIII o de comienzos del XIV. Esta hipótesis se fundamenta en las varias evidencias. En primer término, las cimentaciones y fábricas murarías andalusíes del momento, y particularmente las torres «de alquería» por su mayor afinidad tipológica con el ejemplo estudiado, difieren sustancialmente del resto analizado tanto en su concepción como en su materialidad. Las cimentaciones de aquellas resultan muy precarias, limitándose en muchos casos a un mero acomodo del plano de asiento a base de mampuestos que, en ocasiones, adquiere una forma ataludada. Y lo mismo se observa en bastantes torres del homenaje andalusíes, como la del castillo de Biar (Alicante). Además, en sus fábricas emergentes predominan las técnicas de tapia. En general, los alarifes optan por aquellos materiales más próximos al lugar de la construcción, predominando las técnicas de sencilla puesta en obra (Rodríguez-Navarro 2008; Bazzana y Guichard 1978; López-Elum 2002).

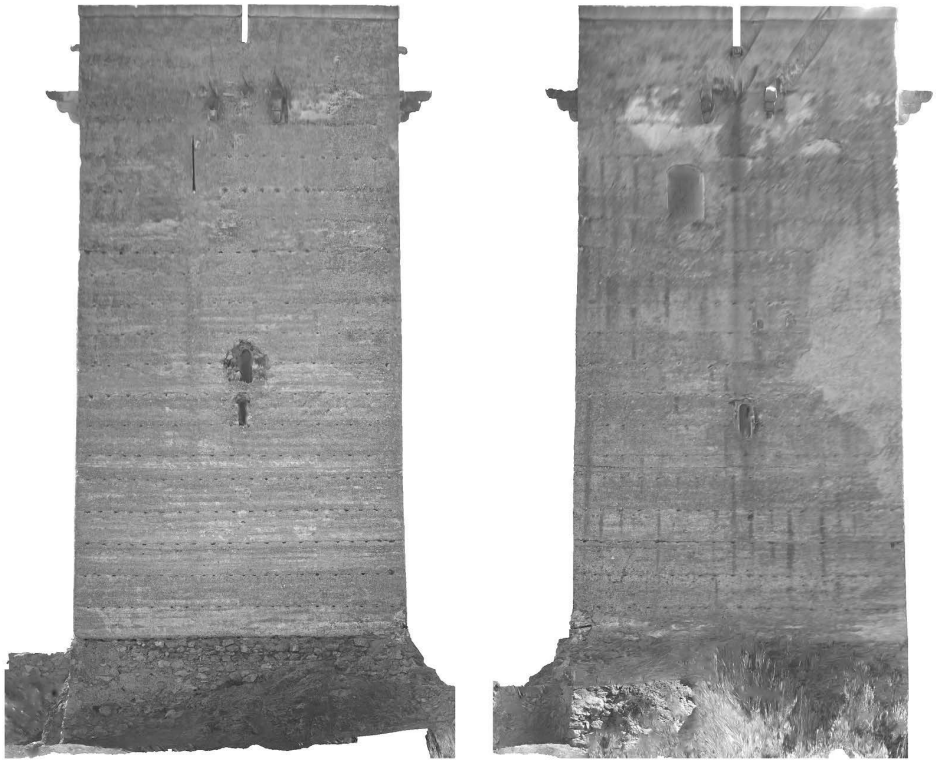


Figura 6
Detalles estructurales del edificio que aparecieron publicados en 1917 en el libro *Wharves and Piers*

La técnica constructiva identificada en la cimentación de esta torre remite a la tradición romana, al igual que su configuración estructural. Tales conceptos se mantuvieron vigentes durante la Edad Media en algunos lugares de Europa y, principalmente, en los territorios bajo dominio bizantino. Con las Cruzadas, estas regresaron con fuerza a Europa, alentando el rápido desarrollo de la construcción bajomedieval cristiana.

## Técnica de talla de los sillares

La obra del muro de tres hojas, ejecutado con dos frentes de sillería isódoma (de igual tamaño) y un relleno de mortero de cal con mampuestos de gran porte vertidos por tongadas sucesivas, remite igualmente a la tradición cristiana y, por su envergadura, cabría vincularlo a un edificio militar. Esta hipótesis queda reforzada, a su vez, por la presencia recurrente de una marca de cantería que se repite en 4 de los 12 sillares conservados. Dicha marca, realizada con trepa o con un compás, es idéntica a otra localizada en la fortificación de Castellote (Teruel), de datación trecentista, ligado a las órdenes del Temple y del Hospital sucesivamente. También es similar a otras de la iglesia de San Miguel de Foces, en Ibieca (Huesca), consagrada en 1259 y donada a la Orden Militar de San Juan de Jerusalén. Algunos elementos de esta última iglesia han sido vinculados por diversos autores con la iglesia de San Juan del Hospital y la catedral de Valencia (García-Valldecabres et al 2007; García-Valldecabres 2010).

Igualmente merece un comentario la técnica de terminación superficial de los sillares que también se puede circunscribir al contexto tecnológico cristiano. Por su cara exterior se distingue con claridad la abundancia de unos leves surcos longitudinales con una inclinación de entre 45º y 60º que se repiten de manera sistemática en todos los paramentos. Se trata de unas inconfundibles huellas de labra que, a modo de terminación rugosa, producían algunas herramientas como el trinchante o el cepillo de abrasión, una pieza de madera con láminas metálicas cuya noticia debemos agradecer a Enrique Rabasa y Miguel Sobrino. La primera herramienta se reservaba para piedras más duras mientras que la segunda, muy similar al «crandall», «carril» o «peine» usado en Inglaterra y Francia, resultaba muy útil cuando el material era fácilmente trabajable. Aquí, debido a la erosión de la piedra, no es sencillo determinar cuál de las dos se empleó. El cepillo de abrasión suele producir unos grupos de surcos que

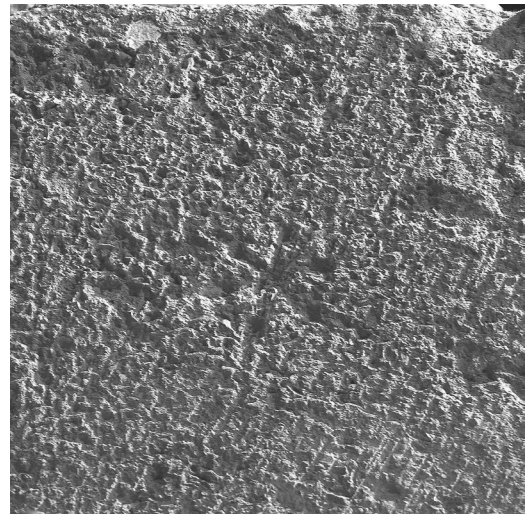


Figura 7
Detalle del paramento exterior de la fábrica norte que muestra una marca de cantería, presente en 4 de los 12 sillares conservados

Figura 8
Detalle del paramento exterior de la fábrica norte, que muestra las huellas de la herramienta empleada para su terminación superficial

discurren en paralelo con una extensión que puede superar los 20 centímetros de longitud. Los del trinchante, por su parte, tienen un recorrido más corto y, a veces, se cruzan con sus análogos.

## Hipótesis tipológica

Antes de definir las posibles características tipológicas de esta construcción conviene reflexionar sobre las dimensiones de su planta y su virtual sistema de cubierta, partiendo de la naturaleza y envergadura de sus fábricas. Seguidamente, se expondrán algunos posibles paralelos tipológicos.

La presencia de un muro bastante grueso y de otros dos cierres ortogonales al mismo con la mitad de su espesor, invita a pensar en un posible cierre del espacio con bóvedas de cañón seguido. Asimismo, si tenemos en cuenta la considerable luz que tendría este elemento si cubriese la totalidad de la planta y el empuje que produciría sobre los muros de sostén, cabe sospechar más bien de la existencia de dos bóvedas de cañón dispuestas en paralelo.

A falta de otros datos, resulta razonable suponer que esta construcción fuese de planta cuadrangular, con una huella máxima de 22x15 metros, aproximadamente. Para establecer la posible dimensión máxima del lado desconocido, se ha tomado en consideración la diferencia de espesores entre los muros norte-sur (0,8 m) y el muro oeste (1,6 m). Partiendo de estos datos, cabría suponer la existencia de dos bóvedas de cañón organizadas «en celdilla» que descansarían perimetralmente sobre los muros extremos de cierre de mayor grosor (este y oeste) e interiormente en un virtual muro o espina central de dimensiones algo más reducidas. Esta solución, que fue descrita por Viollet-le-Duc ([1859] 1996, 212) como muy habitual en la arquitectura romana y medieval, justificaría la menor envergadura de los muros exteriores norte y sur, que solo actuarían como elementos de cierre, sin función estructural. La luz libre de cada una de estas bóvedas de cañón raramente sobrepasaría los 5 metros de amplitud entre sus apoyos teniendo en cuenta que, habitualmente, se solía dar a los estribos de una bóveda de cañón pétrea un grosor aproximado de 1/3 de la anchura de la nave. Dicha relación dimensional puede ser detectada fácilmente en las secciones transversales de otros ejemplos de la época. También se recomienda la consulta de Huerta (2004, 133-179).

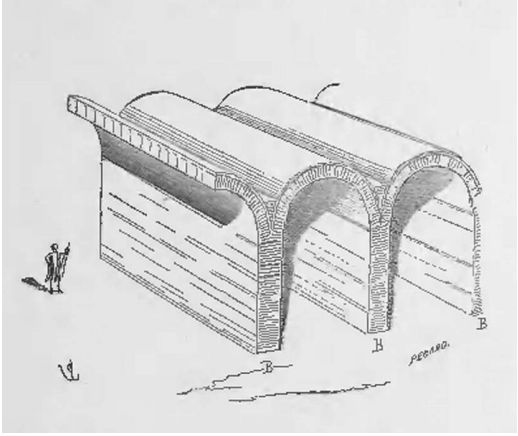


Figura 9
Sucesión de bóvedas de cañón a modo de celdillas propia de la construcción romana, según Viollet-le-Duc (1859)

## Posibles paralelos tipológicos

A una distancia prudencial de Valencia se han localizado dos torres con algunas características análogas a las de la hipótesis propuesta. La primera de ellas es la Torre del castillo de Ulldecona (Tarragona), cuya plaza estuvo en manos de la Orden de San Juan del Hospital desde 1179 (Bonet 1994, 282-283). Dicha torre, de planta casi cuadrada de 13,0x13,6 metros de lado y 16,5 metros de altura, tiene tres plantas, las dos primeras cerradas por dos bóvedas organizadas «en celdilla» y la del último cuerpo con un arco diafragma que sostiene la terraza. Fue construida con sillares isódomos de grandes dimensiones (60x30x35 cm) que, según Marguerida et al. (1998, 176), presentan «una talla típica de la darrería del segle XII, inicis del segle XIII. Moltes vegades conserven els senyals del picapedrer». Dicha torre fue más tarde reforzada con una base ataludada, probablemente en el siglo XV. Merece destacarse también que, según dicho equipo de investigadores, el hecho de que su acceso se encontrase en el segundo piso y que tuviese la doble función de defensa y habitación apuntan a una posible fecha de construcción previa a la conquista de Valencia por Jaime I.

El segundo paralelo es la «torre del Rey» o «torre del Cabo» de Oropesa (Castellón) algo más tardía, pero con un sistema constructivo similar. Fue iniciada en 1413 por mandato del rey Fernando I de Ara-

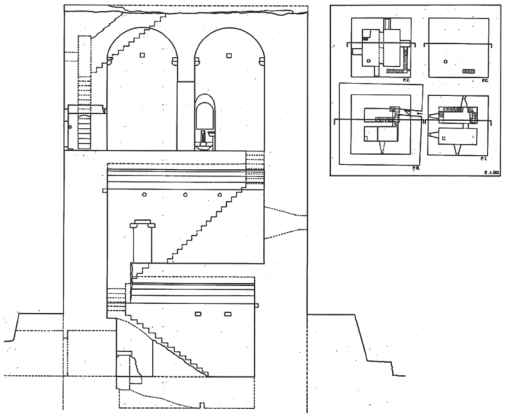


Figura 10
Planos de sección y planta de la torre del castillo de Ulldecona (Tarragona). Planimetría del Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya (1995)

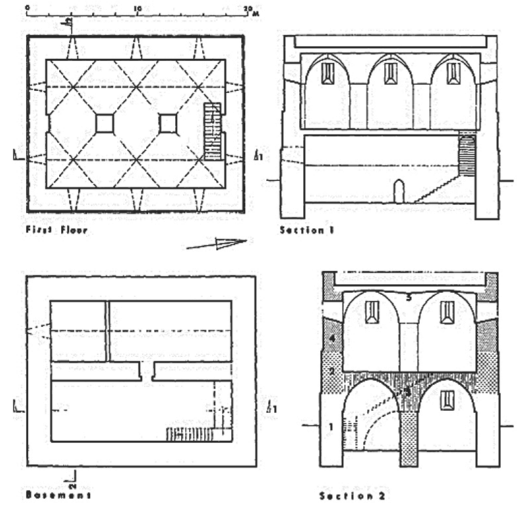



Figura 11
Planos de la «Red Tower» o torre Roja, (al-Burj al-Ahmar), en Sharon (Israel), al sureste de Cesárea. Dibujo de Pringle et al. (1986)

gón y concluida posiblemente hacia 1428. Aunque posteriormente fue ampliada en 1534, los componentes estructurales de su núcleo primigenio, bastante más reducido que el ejemplo en estudio, ofrecen una sólida base de partida. Su configuración inicial, la que tiene interés para esta comparativa, es de planta cuadrada de 13,20 metros de lado y sus muros, construidos en mampostería, tenían 1,50 metros de grosor con un posible refuerzo de sillería en las esquinas (Lillo 2012, 105-107). La planta baja está dividida en dos espacios simétricos separados por un muro intermedio de mampuestos de 0,8 metros, cubiertos con bóvedas de cañón de mampuestos cogidos con gruesas juntas de mortero de cal. La estancia principal presenta una solución análoga, aunque sus bóvedas se disponen transversalmente a las del piso inferior.

Ambos paralelos pueden considerase semejantes al formato genérico de torre defensiva desarrollada por los cruzados en Tierra Santa a partir del siglo XI, de los cuales resulta un buen exponente la denominada «torre Roja» (al-Burj al- Ahmar), emplazada en la llanura costera de Sharon (Israel), al sureste de Cesárea. Y no sólo representa de manera inmejorable el modelo de pequeñas fortalezas o castillos señoriales edificados por los cruzados durante el siglo XII (Pringle et al 1986). Además, según Molin (1997), dicho elemento poseía unas características muy similares de tamaño y diseño a numerosas fortificaciones de menor escala usadas paralelamente por los colonos latinos como viviendas y centros agrícolas en muchas regiones del entorno Mediterráneo.

A partir de la hipótesis de reconstrucción de Pringle el al. (1986), se deduce que dicha fortificación tenía unos 20x15 metros de planta y unos 15 metros de altura. Contaba con dos cuerpos superpuestos. El primero estaba cerrado por dos bóvedas de cañón paralelas que se apeaban sobre los muros laterales y en un muro central. El segundo fue resuelto con seis bóvedas de arista que arrancaban de dos robustos pilares centrales. Los espesores de sus muros, desiguales, rondaban los 1,5 y los 0,8 metros de grosor.

Se han estudiado también otros formatos de torres exentas, andalusíes y cristianas, del Levante y sur peninsular, aunque sin detectar similitudes de relevancia. En parte, porque muchas de ellas se asientan sobre estratos rocosos y carecen de cimientos, pero también porque estructuralmente repiten el esquema de doble núcleo con una rampa perimetral de subida característico de los minaretes andalusíes de doble núcleo y tan recurrente en la mayoría de las torres hispanas a partir del siglo XIII. También se conocen los trabajos de Alfonso Jiménez (2018) sobre la sillería andalusí y el uso de marcas de cantería, aunque

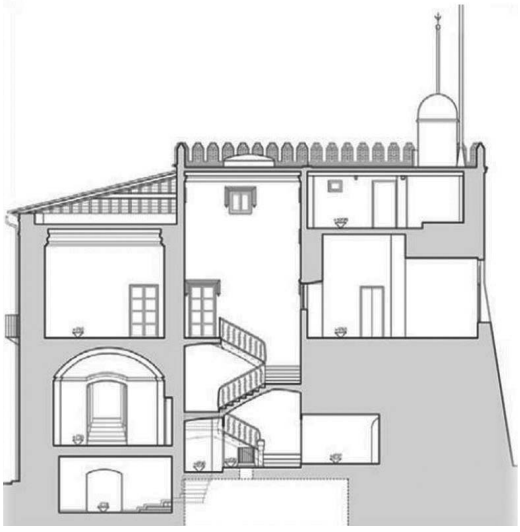


Figura 12
Sección longitudinal de la torre almohade de la Calahorra, en Elche (Alicante), según Íñiguez (1997)

tampoco parece posible establecer analogías con este ejemplo valenciano.

Uno de los casos de mayor interés sería la torre de don Fadrique o «torre Mocha» de Albaida de Aljarafe (Sevilla), edificada ca. 1253. Es de planta rectangular de 10,15 por 8,3 metros y se eleva sobre una zarpa o podio de 2,4 metros de altura y 0,5 metros de resalto, realizado con hormigón de cal con esquinazos de sillería. Sus muros tienen un espesor de 1,65 m permitiendo, por tanto, establecer un cierto paralelismo con el objeto de estudio, aunque su estructura emergente repite el esquema de doble núcleo ya descrito.

Asimismo, cabría descarta cualquier relación entre los restos analizados y las torres andalusíes valencianas y muy particularmente con la «torre de la Calahorra» de Elche (Alicante), que se ha pretendido relacionar con aquellos. El sistema constructivo y las características tipológicas de dicha construcción andalusí de unos 21x9 metros de planta y fechada a finales del siglo XII o comienzos del XIII, se alejan sustancialmente de la solución analizada. Su primer cuerpo está macizado, algo habitual en muchas torres andalusíes y, además, varios de los supuestos rasgos que sustentaron dicha similitud deberían ser cuidadosamente revisados con un estudio arqueológico. En particular, habría que descartar la originalidad de los cantones de sillería. Estos elementos y los muros contiguos ataludados de mampuestos dispuestos en su arranque podrían proceder de un añadido posterior para el refuerzo de la primitiva fábrica de tapia que, virtualmente, arrancaría desde la cimentación. Aunque en muchas torres andalusíes los cimientos tienen forma troncocónica, suelen resolverse con una técnica diversa (López Mateu 2014). Puede consultarse una planimetría del estado actual de esta torre acompañada por algunas fotografías de detalle en Íñiguez (2014).

## Conclusión

Esta investigación deja patente el papel decisivo que la historia de la construcción ha jugado en la determinación de una hipótesis plausible para la fábrica objeto de estudio. En ausencia de otros datos complementarios, el conocimiento de las técnicas constructivas, de su evolución y adaptación con el paso de los siglos a nuevas necesidades y condicionantes, ofrece valiosas lecturas que permiten hacer avanzar el conocimiento y dar coherencia a informaciones a veces indirectas o vagas procedentes de otras disciplinas, un hecho muy relevante considerando la casi generalizada ausencia de documentación que caracteriza a las obras anteriores al siglo XIV.

En lo que respecta al cimiento objeto de estudio, parece razonable considerar que los restos analizados podrían pertenecer a una torre defensiva cristiana de considerable envergadura probablemente iniciada en el siglo XIII y cuyas obras quedaron interrumpidas por causas indeterminadas. La torre tendría una configuración estructural similar a las anteriormente descritas de Ulldecona y Oropesa.

La hipótesis aquí formulada resulta compatible con las conclusiones alcanzadas por el profesor Torrò (2018) en lo relativo a la naturaleza y condiciones de control del territorio de los asentamientos cristianos que proliferaron en esa zona durante el siglo XIII. De hecho, todo lo aquí señalado, lejos de agotar este análisis, abre nuevas vías de estudio no contempladas que podrían reforzar tanto el conocimiento actual del resto arquitectónico como del entorno periurbano de la muralla de Valencia.

Además, convendría revisar la documentación del siglo XIII en busca de nuevos indicios. Y también ca-

bría intentar relacionar las obras de esta torre con la presencia en la ciudad de las Órdenes militares de San Juan del Hospital o del Temple, quizás con vistas a proteger los poblados existentes fuera de la muralla tan minuciosamente descritos por el profesor Torró. Finalmente, en este nuevo análisis, no habría que pasar por alto los sucesos que discurren en paralelo a la construcción de dicha torre, en concreto la modificación de propiedades del Temple y Hospital y la creación de la Orden de Montesa.

## Notas

Rafael Marín es profesor de la Universitat Politècnica de València.

Arturo Zaragozá es académico numerario de la Real Academia de San Carlos de Valencia.

## Lista de referencias

Almagro Gorbea, Antonio. 2020. Torre del homenaje del castillo de Biar (Alicante). Levantamiento ortofotográfico. Nº inventario: AA-315_02. Madrid: Real Academia de Bellas Artes de San Fernando.

Bazzana, André y Pierre Guichard. 1978. Les tours de défense de la Huerta de Valence au XIIIe. En *Mélanges de la Casa de Velázquez*, T. XIV. París.

Bazzana, André. 2002. Morfología y papel de los castillos musulmanes (siglos X-XIII). La Ribera y otros ejemplos. En Furió, A. y J. Aparisi. (coord.). *Castells, torres i fortificacions en la Ribera del Xúquer*, 19-50. Valencia: Universitat de València.

Bonet Donato, María. 1994. *La Orden del Hospital en la Corona de Aragón*. Madrid: CSIC.

Choisy, Auguste. [1873] 1999. *El arte de construir en Roma*. Madrid: Juan de Herrera.

García Valldecabres, Jorge; Marisa Navarro García y Concepción López González. 2007. *La iglesia de San Miguel de Foces. Historia y Arquitectura*. Valencia: Ediciones UPV.

García Valldecabres, Jorge. 2010. *La métrica y las trazas en la iglesia de San Juan del Hospital de Valencia*. Tesis doctoral no publicada. Valencia: Universitat Politècnica de València.

Genera i Monells, Margarida et al. 1998. El castell d'Ulldecona: tres mil anys d'història. En *Tribuna d'Arqueologia*. Barcelona.

Gil Crespo, Ignacio-Javier (ed.). 2014. *Historia, arquitectura y construcción fortificada. Ensayos sobre investigaciones recientes*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Gil Crespo, Ignacio-Javier (ed.). 2016. *Actas de las II Jornadas Historia, arquitectura y construcción fortificada. Ensayos sobre investigaciones recientes*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Huerta Fernández, Santiago. 2004. *Arcos, bóvedas y cúpulas*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Íñiguez Fuentes, Consuelo. 2014. *Estudio gráfico y patológico de la torre de Calahorra, patrimonio histórico de Elche*. Trabajo de Fin de Grado en Arquitectura Técnica sin publicar. Valencia: Universitat Politècnica de València.

Jiménez Martín, Alfonso. 2018. Almohadillado almohade. En *Arqueología de la Arquitectura*, 15: e075. https://doi.org/10.3989/arq.arqt.2018.003.

Lillo Giner, Santiago. 2012. *La Ciudadela de Valencia. Origen, evolución y análisis gráfico*. Tesis doctoral no publicada. Valencia: Universitat Politècnica de València.

López Elum, Pedro. 2002. *Los castillos valencianos en la Edad Media: materiales y técnicas constructivas*. Valencia: Biblioteca Valenciana.

López Mateu, Valencia. 2014. *Análisis constructivo de la Torre Muza de Benifaió (Valencia)*. Tesis doctoral no publicada. Valencia: Universitat Politècnica de València.

Molin, Kristian.1997. The non-military functions of crusader fortifications, 1187-circa 1380. En *Journal of Medieval History*, V. 23, 4, 367-388.

Pringle, Denys et al. 1986. *The Red Tower (al-Burj al- Ahmar): settlement in the Plain of Sharon at the time of the Crusaders and Mamluks AD 1099–1516*. London: British School of Archaeology at Jerusalem.

Rodríguez Navarro, Pablo. 2008. *La torre árabe observatorio en tierras valencianas. Tipología arquitectónica*. Tesis doctoral no publicada. Valencia: Universitat Politècnica de València.

Roselló Mesquida, Miquel. 2007. *Dossier/Guion temático. Propuesta de musealización de los restos arqueológicos del MuVIM. Valencia*.

Torrò Abad, Josep 2018. *Informe técnico. La Fortificació andalusina del subsòl del MuVIM; el seu entorn urbà a l'Etat Mitjana, abans de l'hospital general*. Universitat de València.

Viollet-Le-Duc, Eugène-Emmanuel. [1859] 1996. *La construcción medieval*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Zaragozá Catalán, Arturo y Rafael Marín Sánchez. 2018. *Consideraciones sobre las técnicas constructivas y las disposiciones tipológicas de los restos arquitectónicos conservados en los sótanos del Museu Valencià de la Il·lustració i de la Modernitat (MuVIM)*. Valencia.

# El edificio de la Port of Havana Dock Co. La más avanzada construcción portuaria en la Habana de la primera mitad del siglo XX

Alain Marrero

Hacia el año de 1569 el rey dispuso su contribución de 200 ducados para la construcción de un edificio para La Aduana, mas las obras no se ejecutaron hasta que en 1577 ordenó se construyera sin reparar en costo. En 1578 se comenzaría su construcción, tendría 70 pies de largo (21.3 metros) que comprendía en la planta baja espacios para zaguán, un amplio almacén y una oficina, y en el piso superior se dispusieron las viviendas de los oficiales reales, el contador y el tesorero. Se culminó en 1584, tuvo su frente por la calle del Baratillo y su fondo hacia el muelle de la Marina. Fue este el primer edificio público construido en Cuba (Toraya 2001). A finales del siglo XVIII y siendo ya numerosas las críticas de lo pequeño que se había quedado el edificio para el trasiego que en él se desarrollaba se proyecta uno nuevo y mayor. Según puede apreciarse en plano de Cayetano Paveto de 1799 el nuevo edificio tendría su frente de poco más de 100 varas hacia el muelle de la *Cavallería* y por la parte de la ciudad hacia la *Pescadería*, correría un portal de 80 varas. Sobre esta fábrica, al parecer detenida, se vuelve en 1817 con nuevos planos y mejoras y años después en 1826, aparecen planos para la construcción de dos nuevos almacenes de esta dependencia. Estos nuevos depósitos se harían en el frente hacia el mar y manteniendo la estructura existente. Se erige a cada lado de la entrada principal dos grandes espacios soportador por columnas de piedra apoyadas en cimientos los que a su vez se levantaron sobre pilotes de madera. Fueron demolidos en tiempos de la República hacia el año de 1946.

Al mismo tiempo que se iban ejecutando modificaciones y ampliaciones al edificio de La Aduana, se iban reformando y ampliando también los muelles cercanos a ella ya que era por donde ocurría el mayor trasiego de mercancías. Hacia 1841 y describe Pezuela (1863): «se reformó por contrata con madera de ácana y quiebrahacha toda la parte del muelle medianera desde el frente de la plaza de San Francisco hasta donde llega el que con el nombre de la Machina se reservó la marina de guerra.» En 1849 y bajo proyecto de D. Francisco de Albear se amplían los tinglados de los muelles de San Francisco y Carpineti. Cabe destacar en estas obras, como en una misma década de 1840 a 1850, se suceden proyectos similares los que a decir de los planos originales muestran una evolución en el uso del hierro en la construcción. Si bien el primer proyecto se hace todo en madera, para 1846 se incorporan uniones y pernos metálicos en la fabricación, así como «el árbol del pescante», todo en hierro fundido. En los planos de Albear ya el uso del hierro es más profuso pues todo el tinglado se soporta en columnas circulares huecas de este material, asimismo sustituye los canes de madera por metálicos, manteniendo solo en madera la techumbre y su estructura.

Si bien continuaron las actualizaciones y ampliaciones de estructuras para los servicios portuarios de la rada habanera no sería hasta el siglo XX que se construyeran la mayor cantidad y más modernas instalaciones del Puerto de la Habana.

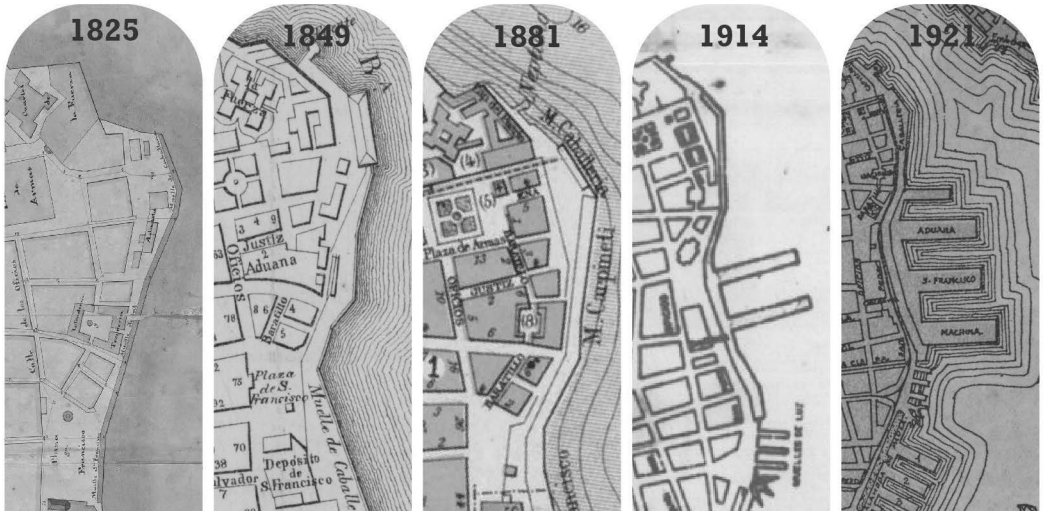



Figura 1
Evolución de la zona portuaria donde se enclavó el edificio de la Havana Dock Co

## El edificio de la Havana Dock Co., su construcción

El deseo de dotar al puerto de la habana de modernas instalaciones hacia principios del siglo XX comenzaría con la llamada concesión Scovel, otorgada por el presidente Tomas Estrada Palma a Sylvester Scovel el 29 de noviembre de 1905. La misma comprendió la construcción de un muelle y la explotación del mismo por 50 años y al culmino de ese plazo pasaría a manos del gobierno. Por razones disímiles dicha fábrica no llegó a ejecutarse y la concesión fue modificada en noviembre de 1910, por el entonces presidente José Miguel Gómez. Publicada en gaceta, detallaba alguno de los pormenores del nuevo proyecto.

Se construiría en lugar de un solo muelle de extraordinarias dimensiones, cuatro espigones. Un muelle (San Francisco) frente a la plaza de San Francisco, de 213 m de largo por 50 m de ancho, un segundo muelle (La Machina) frente a la Aduana[1] de 195 m de largo por 50 m de ancho, un tercero (Santa Clara) frente a la Machina de 186 m de largo por 50 m de ancho y un último muelle frente a la calle Obrapía de 133 m de largo por 33 m de ancho. Comenzando la ejecución de los dos primeros citados dejando para cuando fuese necesario el tercero y el cuarto en ese orden. El espacio libre entre los dos primeros espigones sería de 80 m al igual que entre el segundo y el tercero.

En un segundo punto se describían los materiales que podrían ser utilizados. Los muelles deberían ejecutarse de mampostería concreto o acero o combinación de estos elementos y descansarán sobre pilotaje de cualquiera de estos materiales en forma que permita el libre curso de las mareas por debajo de ellos, entre ellos ya lo largo de la línea de costa.

Sobre los dos primeros muelles y de ser necesario sobre el tercero se construirían almacenes a prueba de incendios de dos o más pisos. Frente a cada muelle espigón con un ancho igual al de este más una mitad del mismo a cada lado se construiría una calle pavimentada de blocks de granito (adoquines). Sobre la mencionada calle se permitía la construcción de un edificio análogo al de los dos primeros muelles conectando el segundo y siguientes pisos con los de los espigones y dejando el piso bajo libre para tráfico público. Estos almacenes podían tener hasta 20m de ancho en toda su longitud, paralelos al borde de la costa y serían construidos sobre columnas de hierro con una altura libre de 5 m como mínimo.

En la gaceta igualmente se marcaron los plazos y tiempos de ejecución, aunque permitía acelerar los mismos siempre y cuando el trasiego de la Bahía lo

permitiese. Otros elementos interesantes también eran descritos en el documento como que los almacenes y muelles deberían proveerse de extinguidores automáticos para incendios. De igual forma se dotaría el nuevo edificio de conductores eléctricos, elevadores, descargaderos y demás sistemas modernos. Fijaba también la creación de una zona libre para el uso público en todo el frente norte de la nueva edificación.

Este mismo año y siguiendo todo lo antes planteado la concesión pasa a manos de la Port of Havana Docks Company, representa por su vicepresidente Eugene Klapp, quien sería además parte del equipo del proyecto. Una vez asignada la concesión sugirieron los nuevos propietarios algunas modificaciones como la unificación de los dos últimos muelles en uno solo en la posición del tercero. Asimismo, ampliar los dos primeros muelles a cada lado 9,15m y construir alrededor de los tres muelles resultantes vías dobles de ferrocarril que deberían conectarse con las ya existentes que venían desde el muelle de Paula. Estas modificaciones permitirían una mayor maniobrabilidad en las operaciones portuarias.

El proyecto y construcción se realizó según los planos de Barclay, Parsons & Klapp[2] los cuales siguiendo lo ya pactado concibieron un edificio formado por tres espigones, San Francisco, La Machina y Santa Clara conectados entre sí por un edificio Marginal con frente a la avenida San Pedro. Toda la edificación se soportó sobre pilotes de hormigón armado hincados, con cabezales, y unidos entre sí por vigas de hormigón armado al igual que toda la losa de la planta baja, sobre esta última se pavimentó con adoquines de granito. La estructura superior fue a base de pórticos conformados por columnas que se ejecutaron de hormigón armado de estructura metálica a modo de cerchas y que fueron variando según la altura de la edificación y vigas principales de hormigón armado con barras las que soportaban un enviguetado menor y las losas de entresuelo. En los muros de cierre se utilizó ladrillo y hormigón armado este último en las torres altas y todas las cubiertas se solaron con losas de arcilla. La ejecución de las obras correría de la mano de MacArthur, Perks & Co., Ltd., de Canadá.

Para 1911 las obras ya estaban en marcha y así eran descritas: «[…] se construía el primero de los tres muelles proyectados. Se adecuarían para las maniobras de carga y descarga de vapores de flete y su economía en el manejo y distribución. Tendría además la capacidad para el servicio de almacenaje y depósito absolutamente protegidos contra incendios. Cada muelle tendría una anchura de 160 pies (48m aprox.) y contendrá un cobertizo de dos pisos. A lo largo de la avenida se levantaría un edificio de hormigón reforzado de cuatro niveles donde estarían las oficinas de la Aduana, las de la Compañía de Muelles del Puerto de La Habana y gran espacio de almacenaje. El espacio entre muelles sería de 260 pies (80 m aprox.). Las amplias aperturas de toda la zona baja permitirían el trasiego por cualquier escotilla de los barcos. Las mercancías podían viajar por los niveles de la edificación gracias a los diferentes elevadores que se instalarían, igualmente se previeron y construyeron conexiones férreas a lo largo de todos los muelles favoreciendo la carga y descarga directa a los vagones. Para la ejecución de este primer muelle se utilizaron algo más que tres mil obreros, en su mayoría cubanos así como el mayor número de materiales […]»

El 5 de marzo de 1913 se inauguraría el primero de los muelles, el San Francisco, recibiendo una embarcación proveniente de New York con carga y pasajeros (All Around Cuba 1913). No tardo mucho más de un año y para abril de 1914 se inauguraba el segundo, La Machina. El costo de los dos primeros muelles fue de 3, 000.000, el primero de 213m de largo y el segundo de 195m y el ancho de ambos 50 m. En ese momento se manejó la idea que en un futuro podría ejecutarse una conexión férrea por el segundo nivel que evitara la congestión del tráfico a nivel de la calle. En 1923 se completaría el último de los espigones, el Santa Clara y su porción de edificio marginal, mudándose para él la United Fruit Company. En 1958 figuraban las siguientes funciones en el edificio:

- Muelle de San Francisco: *Colegio de Corredores de Aduanas; Cía., de encerados La Estrella S.A.; Havana Dock Corp.; Jarro, Domingo; Sanidad Maritima.*
- Muelle de la Machina: *Aduana de la Habana; Gonzalez, Martin, Expr; Havana Docks Corp.; Junco, Jose, Expr.*
- Muelle de Santa Clara: Capitanía del Puerto; Havana Dock Corp.; Inmigración, oficina general de; Policía del Puerto; Policía Maritima; Sanidad Maritima.

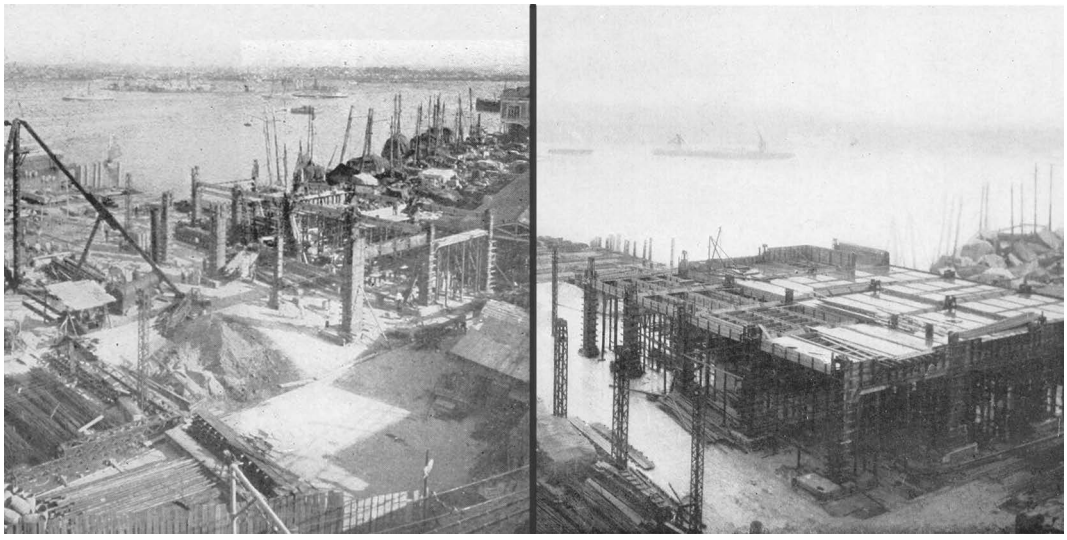


Figura 2
Imágenes publicadas en la revista *The Cuba Review* en el año de 1912

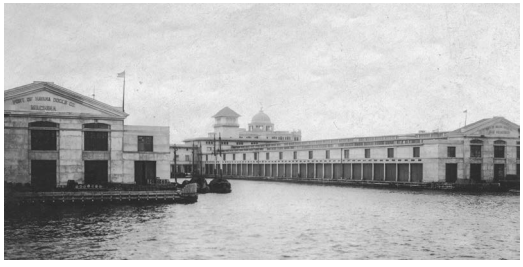


Figura 3
Vista desde el mar de los espigones San Francisco y La Machina, nótese como aún no tenían el muelle circundante con las líneas férreas

## Fabricación, hincado y ejecución de los pilotes de cimentación

Los tres espigones, así como el edificio marginal se erigieron sobre un sistema de pilotes de hormigón armado de sección rectangular los cuales se agruparon dependiendo de las solicitudes de cargas del proyecto, pudiéndose encontrar desde pilotes aislados hasta grupos de 16.

Los pilotes se fabricaron al otro lado de la bahía en el pueblo de Regla y desde allí eran trasladados en barcazas hasta el muelle en obras (Construcción de los Muelles de La Habana, 1912). Se utilizó para ello un galpón con dos pasillos de poco más de 330 pies (100 m aprox.) donde se armaban los encofrados y se tendían en su interior la armadura de acero, luego dos grúas eléctricas, una por pasillo, vertía el hormigón dentro de los cofres. Las grúas puente eléctricas de capacidad de 20 toneladas también eran las encargadas de transportar los pilotes ya terminados hasta las barcazas. A las 24 horas se hacia el desmolde volviendo a armar los próximos a ejecutar y sirviendo la parte superior de los ya terminados como fondo del nuevo molde asegurando una máxima economía de espacio y moldes. Pasados 30 días de fraguado manteniéndose húmedos y protegidos del sol, los pilotes quedaban listos para su uso. Se fabricaron pilotes de 16 (0,41 m), 18 (0,46 m) y 20 pulgadas (0,50 m) de sección cuadrada de diferentes dimensiones entre los 50 pies (15 m aprox.) y 85 pies (26 m aprox.) de largo.

Los pilotes de hormigón como cimentación de estructuras eran de uso reciente en la Habana, si bien desde la época colonial se había utilizado la madera para este sistema. El uso en cambio de hormigón armado y además la hinca de ellos, tenía muchos detractores dentro de la sociedad de ingenie-

ros. La principal preocupación consistía en el daño al pilote que podía ocasionar el golpe del martillo en el momento del clavado. En el hincado de los pilotes en esta obra se utilizó un equipo flotante con un martillo de vapor Vulcan de 6 ton., asentando los pilotes entre 10 y 12 pies (3 – 3,6 m aprox.) en el lecho marino, utilizando para ello alrededor de 500 golpes. Los pilotes fueron diseñados para quince tons. de carga muerta y 25 tons. de carga viva por pilote y la capacidad de carga fue determinada ensayando numerosos pilotes de prueba.

Las aguas donde se ubicaron los pilotes variaban desde los 12 pies (3,65 m) hasta los 40 pies (12,2 m), con un fondo consistente en una capa de 15 pies (4,57 m) a 20 pies (6,10 m) de espesor de lodo suave yaciendo sobre una capa de arena o arcilla. El rango de marea es de sólo 18 pulgadas (0,46 m) y el tablero se elevó solamente 5 pies 3 pulgadas (1,60 m) sobre el nivel medio de bajamar para ajustarlo al nivel de la calle adyacente. La extraordinariamente baja elevación de la carpeta requerida para estos espigones representó dificultades peculiares en el diseño, y el problema fue resuelto apoyando la losa tablero en vigas anchas poco peraltadas empotradas a los cabezales de grupos de pilotes ubicados bajo las columnas de la edificación. Los cabezales vinculan desde cuatro hasta 18 pilotes y fueron construidos con hormigón armado de 3 pies (0,91 m) de peralto incluyendo el espesor de la losa tablero. La dimensión de los cabezales fue desde 7 (2,13 m) x 8 pies (2,44 m) hasta 20 (6,09 m) x 24 pies (7,32 m) de sección. Las vigas longitudinales fueron de 15 (0,40 m) y 18 pulgadas (0,457 m) de peralto y 11 pies (3,35 m) de ancho empotradas en los laterales de los cabezales de pilotes y las vigas transversales presentan voladizos de 7 pies (2,13 m) de ancho. El peralto promedio de la losa tablero es de 12 pulgadas (0,30 m).

## Sistema de pórticos y losas

La estructura superior se diseñó con pórticos de hormigón armados distanciados a 6,15 m en la zona de espigones y 6,4 m en el edificio marginal, paralelos a la avenida, arriostrados entre sí por vigas principales y viguetas secundarias. Los pórticos en los espigones salvan una luz de 9,1 m mientras que 9,5 m en el edificio principal. Las columnas están compuestas por una armadura metálica en forma de celosía rellena y recubierta de hormigón. Los perfiles que la componen son de dos tipos, en L, los principales y planchuelas los secundarios, remachadas a los primeros y se corresponden a los del catálogo de la Carnegie

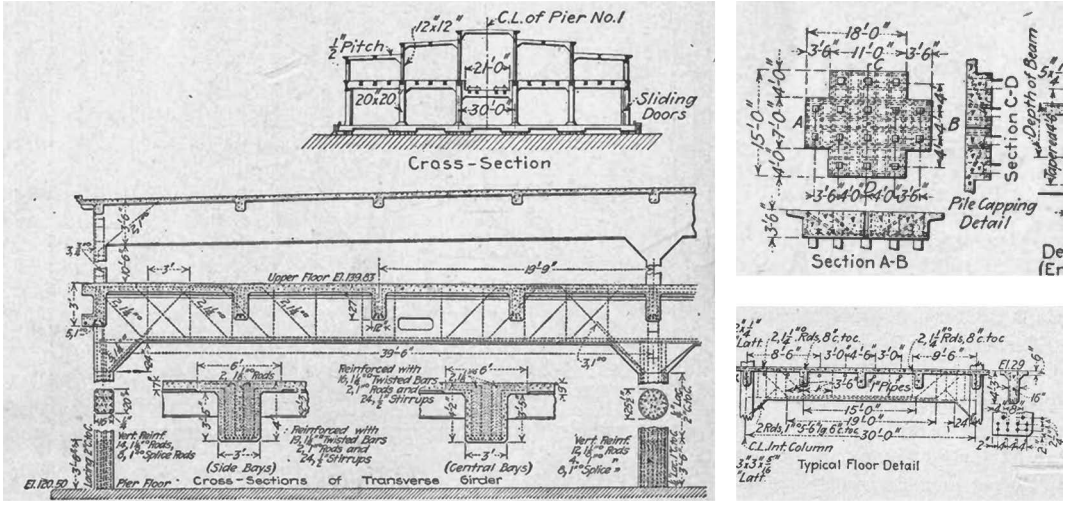



Figura 4
Detalles estructurales del edificio que aparecieron publicados en 1917 en el libro *Wharves and Piers*

Steel Company de 1903 y posteriores. Las columnas por lo general cuadradas iban reduciendo su sección por nivel y se construyeron de diferentes dimensiones entre 0,88 m y 0,66 m en la planta baja hasta los 0,42 m en el cuarto nivel. Las vigas por su parte fueron reforzadas con acero liso de 19 y 32 mm, el cual solo se colocó en la parte inferior, subiendo solamente en las uniones con otras vigas o columnas. De igual manera solo se colocaron cercos (12 y 13 mm) en las zonas cercanas a las uniones.

Las losas de entresuelo en la zona del edificio marginal se ejecutaron de 15 cm aprox., trabajando en una sola dirección y apoyadas en las vigas secundarias. Los aceros de carga se espaciaron en un rango entre 10 y 15 cm mientras que los de temperatura cada 1m aprox. En ambos casos se utilizó barra lisa de 10 mm.

En la crujía donde se unen el edificio marginal y los espigones se ubicaron las escaleras y las dos cajas de ascensores. Cada espigón tenía a la mitad de su longitud una escalera sectorizada con planchas de hierro, así como un montacarga de grandes dimensiones y otro de tamaño medio. En las torres, donde se ubicaron dos grades depósitos de agua de madera, fue necesario reforzar la estructura. Se introdujo una cruceta de cercha metálica recubierta de hormigón para impedir que los muros laterales se abrieran. Asimismo, y directamente bajo la losa en la zona de los depósitos se colocaron un grupo de vigas de 1,3 m de peralto por 0,3 m de ancho compuestas por una cercha metálica revestida de hormigón.

## Otros elementos.

En la construcción del edificio de la Havana Dock Co., además de cumplir con los requerimientos pactados en el documento inicial se tuvo también en cuenta lo que en materia de muelles y edificaciones de este tipo se sucedía en el mundo. El libro *Wharves and Piers* publicado en 1917, y dentro del cual aparece el edificio de la Habana señalado en varias ocasiones aparecen otra serie de elementos menores, pero de vital importancia para el uso de este tipo de edificios. En el caso de La Habana se utilizó a decir de este libro el sistema más caro para la ejecución, dígase el hormigón armado, incluso para las cubiertas, pero que a su vez era el que mayor resistencia a incendios brindaba. Como práctica era también necesario dotar a esta tipología de ventilación y luz natural, de allí que

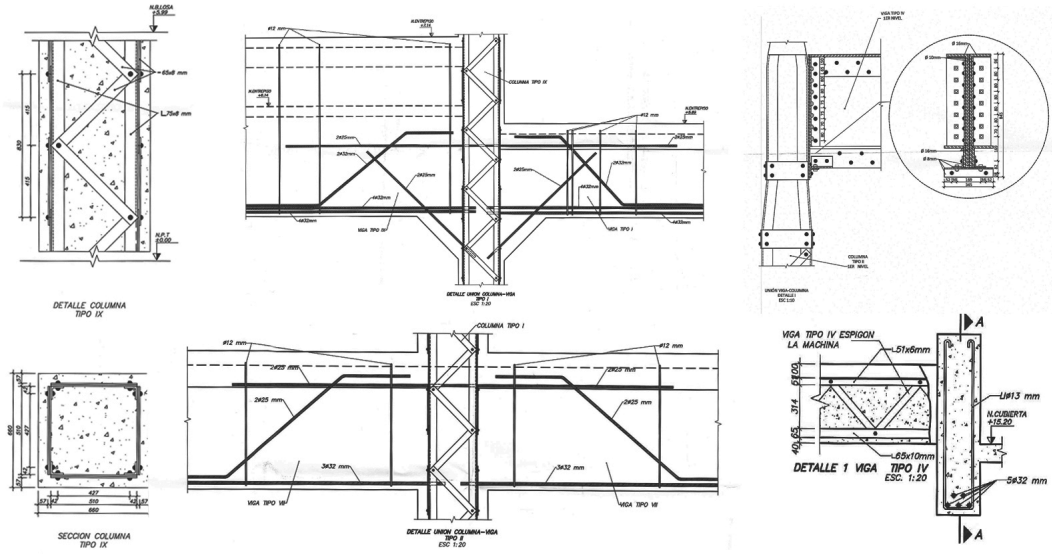



Figura 5
Esquemas estructurales realizados en los levantamientos del año 2018

Figura 6
Imágenes de elementos característicos del edificio (fotografía del autor)

se escalonara la cubierta permitiendo así entrada de luz lateral en casi toda la planta alta del espigón. Esta se cerraba con ventanales de vidrio que se accionaban manualmente. Si bien era importante la ventilación y entrada de luz, lo era aún más la protección de la carga que se almacenaba, por ello todos los espigones debían cerrarse de ser necesario. En la Habana se eligieron puertas de corredera horizontal con núcleo de madera y recubiertas de chapa metálica, colgadas de rieles y superpuestas entre crujías. Estas puertas además tenían la función de cortafuegos y fueron utilizadas también para dividir en el interior los espigones del edificio Marginal.

Se dotaron además a los espigones de demás elementos propiamente funcionales como defensas en este caso las primeras fueron de madera. Asimismo, se colocaron bitas de amarre de hierro fundido de diferentes tipos y dimensiones dependiendo la zona del muelle. Se siguieron igualmente todas las reglas para la disminución de riesgo por incendio, utilizando paredes cortafuegos, puertas – ya descritas -, rociadores automáticos[3], alarmas automáticas, etc. Los depósitos construidos en la parte más alta se correspondían a la tipología típica de depósitos de agua, hoy patrimonio de la ciudad de New York. Se construyeron de tablas de madera unidas entre sí por barras metálicas exteriores a modo de presillas.

## Conclusiones

Sin dudas el Edificio de la Havana Dock Co., fue de los más avanzados construidos en su época, incorporando materiales, técnicas y sistemas novedosos para su tiempo en el mundo. El uso e hincado de pilotes de hormigón, las dimensiones mínimas de espesores de losas, la incorporación de vías férreas conectadas al vial principal de la ciudad, el complejo y magnifico sistema de rociadores, entre otros lo hizo sobresalir y convertirse en una de las mejores edificaciones de la época, representativa del desarrollo de la ciudad. Es la mayor y más imponente obra portuaria, icono de la Bahia de la Habana cuando desde la distancia se perciben sus tres torres. En 2017 se decidió llevar a cabo su reparación capital, lo que sirvió para estudiar el edificio en toda su magnitud, permitiendo con variadas y novedosas técnicas evaluar su estado constructivo, resistencia, composición de materiales, etc. Estudios que permitieron decidir la forma de actuar sobre él para su preservación y prolongación de su vida útil.

## Notas

1. En ese entonces se encontraba en la iglesia de San Francisco.
2. Barclay Parsons & Klapp, quedó constituia en 1909 tras la unión de Eugene Klapp y Henry M. Brinckerhoff al estudio de William Barclay Parsons, fundador de la empresa. Dedicada a la supervisión, diseño y construcción de infraestructura de transportación fundamentalmente (túneles, puentes, terminales y líneas de ferrocarril, subterráneos o metros) y obras marítimas (canales, espigones, diques, represas, etc.), se destacan en su haber el diseño y ejecución del Metro de New York (1900-1908), el Canal de Cape Cod (Massachusetts, 1914), el túnel Detroit / Windsor –que conecta Michigan y Ontario- (1930) y el túnel bajo el río Scheldt en Amberes, Bélgica (1931); y como Ingenieros Consultores en el Canal de Panamá (1905).
3. En el caso de la Habana se utilizó agua de mar que era bombeada desde una caseta en planta baja hasta los tanques en la parte más alta de las torres y en caso de ser necesario de estos saldría el agua a toda la red de rociadores con suficiente presión.

## Lista de Referencias

All Around Cuba. (June de 1913). *The Cuba Review, XI*, 44.

Autores, C. d. (1925). *El libro de Cuba.* La Habana.

Carleton Greene, A. C. (1917). *Wharves and Piers. Their design, construction and equipment.* New York: McGraw-Hill Book Company, Inc.

Construcción de los Muelles de La Habana. (1912). *the Cuba Review*, 44.

Corporation, F. S. (s.f.). Album de Obras. Cuba.

Pezuela, D. J. (1863). *Diccionario Geográfico, Estadístico, Histórico, de la Isla de Cuba* (Vol. 3). Madrid: Imprenta del establecimiento de Mellado.

*Steel as manufactured by Carnegie Steel company.* (1903). Pittsburg, Pa.

Toraya, J. d. (2001). *500 Años de Construcciones en Cuba.* La Habana: Chavin. Servicios Gráficos y Editoriales, S.L.

Varios. (1914). The value of precast piles. *The Cuba Review*, 44.

Varios. (abril de 1923). New construction projects. (M. S. Line, Ed.) *The Cuba review*, 44.

# Análisis de la fábricas murales de las torres de las masías fortificadas del maestrazgo turolense

Beatriz Martín Domínguez
Miguel Sancho Mir
Gaspar Muñoz Cosme

El paisaje del Maestrazgo se caracteriza por la presencia constante de la masía, que articula las enormes y abruptas extensiones entre las villas fortificadas.

Actualmente, la denominación Maestrazgo hace referencia a un área con una cierta unidad paisajística, que ocupa el sureste de la provincia de Teruel y el norte de la provincia de Castellón. Sin embargo, el término Maestrazgo es confuso a nivel geográfico, pues históricamente ha ido variando en cuanto al territorio conocido bajo esa denominación, de forma que en origen poco tenía que ver con las comarcas que actualmente se conocen bajo dicho nombre.

Se trata de un territorio cuya tradición constructiva se basa en el uso de la piedra, debido a la abundancia de piedra de calidad que aflora a la superficie.

El presente estudio se centra en el análisis de la masía fortificada de la comarca del Maestrazgo de Teruel, tema objeto de la tesis doctoral titulada *Las masías fortificadas del Maestrazgo. Patrimonio arquitectónico de Teruel* (Martín 2021), en la que se ha tratado de caracterizarla y objetivar su valor y estado de conservación, a partir del análisis de la arquitectura que la diferencia del resto de masías como fortificada, con el fin último de poder definir unos criterios adecuados para su conservación. Investigación para la que la principal fuente ha sido la arquitectura puesto que apenas existen otro tipo de fuentes documentales.

El conjunto analizado se caracteriza por mostrar una torre, como principal elemento propio de la arquitectura defensiva (figura 1), que forma parte del conjunto edilicio principal de una masía, es decir, de un pequeño núcleo de población unifamiliar, que coincide con el centro de una explotación agropecuaria y forestal (Ibáñez 2007, 13).

Torres que en la mayoría de los casos estudiados responden a la tipología de casa fuerte, mientras que unas pocas no lo hacen de forma clara, de las que la mayor parte parecen haber sido concebidas para un uso agrario principalmente, aunque no se descarta el origen defensivo de alguna de ellas, como torre de vigilancia y de comunicación, o como torre-refugio, lo que es frecuente en otros ámbitos de implantación.

Independientemente de la función original más probable para la que se originaron, todas las torres responden al mismo sistema constructivo básico a base de muros de carga perimetrales ejecutados con piedra del entorno cercano y forjados de madera empotrados directamente en los muros. No obstante, se trata de un conjunto muy heterogéneo en cuanto a la calidad constructiva y formal, de forma que en los casos más destacados se conservan elementos arquitectónicos muy cuidados cuyo lenguaje se puede relacionar con los estilos propios de la arquitectura culta de su momento constructivo.

Figura 1
Imagen de Torre Piquer, Tronchón

A diferencia de lo habitual en la arquitectura defensiva, en la que son prácticamente inexistentes los elementos formales, por lo que hay que recurrir a otras metodologías para realizar una aproximación cronológica (Gil Crespo 2013), en muchas de las torres de las masías analizadas existen elementos formales, fundamentalmente el lenguaje de sus ventanas (figura 2) y puertas principales, además de otros recursos compositivos, que permiten hacer un acercamiento a su datación tomando como base criterios estilísticos. Del análisis formal de estos casos se ha deducido que la principal horquilla cronológica de estas torres abarca desde finales del siglo XIII hasta principios del XVII, lo que coincide con la datación aportada por los escasos documentos escritos que se han hallado del conjunto. Se es consciente del peligro que conlleva obtener conclusiones únicamente desde la perspectiva artística por lo que se ha realizado una lectura crítica del edificio. En cualquier caso, la cronotipología de elementos formales, como vanos y puertas, se ha mostrado efectiva en estudios a escala regional al tratarse de modelos repetitivos fácilmente comparables y estar, en muchas ocasiones, datados mediante inscripción (Vargas 2013).

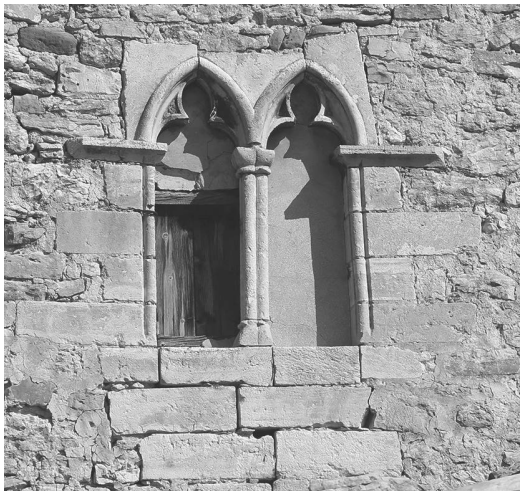


Figura 2
Ventana bífora trilobulada de Torre Sancho, Villarluengo

En concreto, en esta aportación se pretende mostrar los resultados de la investigación obtenidos en cuanto a las fábricas murales.

## Metodología

La metodología general utilizada en la investigación parte de una fase de recopilación de las fuentes documentales existentes para después analizar la documentación obtenida y, por último, elaborar los resultados y conclusiones de la investigación. La principal fuente utilizada han sido los propios edificios, cuya lectura es esencial en este caso, en el que el resto de fuentes documentales son tan escasas. No obstante, para el estudio de la materialidad de los muros ha sido fundamental el análisis del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 del Instituto Geológico y Minero de España (figura 3), que ha permitido la lectura de los tipos de piedra predominantes en el entorno de los edificios, pues esta sería la principal fuente de extracción del material mural.

Para la documentación de la arquitectura se partía de la identificación y localización de los bienes, para su documentación *in situ* y el posterior procesado y análisis de los datos obtenidos.

### Identificación y localización de los bienes

Para el conocimiento de la existencia, la localización y aproximación al estado de los bienes ha

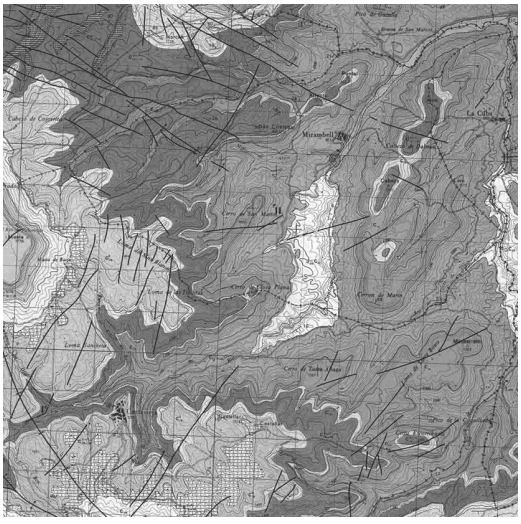


Figura 3
Detalle de la hoja 544 del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000

sido muy útil la consulta de los inventarios digitales de patrimonio cultural del Gobierno de Aragón, o de otras instituciones, como la Asociación Española de Amigos de los Castillos, o de los existentes en bibliografía específica, como los elaborados por Diego Mallén (2008) o por Ibáñez, Casabona y Sáez (2017). Pero principalmente de inventarios inéditos, ya que muchos de estos bienes no se encuentran inventariados por los oficiales, como el existente en la sede de la Comarca del Maestrazgo de Teruel de las masías construidas dentro de sus límites administrativos, desarrollado hacia 2007 por Javier Oquendo Calvo bajo encargo de la propia comarca.

La consulta de fuentes cartográficas también ha sido esencial tanto para el estudio de la denominación y localización de los bienes y su vinculación con vías históricas o enclaves estratégicos, como para la posterior elaboración de los mapas propios, para lo que se han utilizado el actual Mapa Topográfico Nacional 1:25.000 (MTN25) y 1:50.000, las ortofotos de máxima actualidad e históricas del PNOA y la primera edición del Mapa Topográfico Nacional 1:50.000 (MTN50), además del mapa de catastro y otros mapas históricos, disponibles principalmente en el portal web del Instituto Geográfico Nacional —IGN—.

Por otra parte, las fuentes orales han sido esenciales tanto para la localización como para obtener información de los bienes a estudiar.

A partir de estas fuentes, se elaboró un inventario inicial de sesenta y dos masías, de las que se seleccionaron treinta y una para ser documentadas in situ, bajo el criterio de tener constancia previa, a través de la documentación recopilada, de la existencia actual de una estructura torreada u otros elementos defensivos que permitieran el análisis arquitectónico necesario para entender su naturaleza y objetivar el valor del conjunto y su estado de conservación.

## Documentación in situ

La metodología general definida para el trabajo de campo ha sido la misma para todos los casos, aunque más exhaustiva para los bienes seleccionados como casos de estudio en los que se realiza un levantamiento arquitectónico completo. De forma que, previamente al desplazamiento, se parte de la localización del bien a documentar; la planificación de los recorridos y de los recursos necesarios para poder realizarlos, ya que, en algunos casos, las masías se encuentran en lugares de difícil acceso, y la preparación del material y herramientas para la toma de datos y de unas fichas con los aspectos a documentar in situ, además de entrar en contacto con los agentes locales, en especial, con los propietarios, en caso de ser necesario acceder a su interior, ya que prácticamente todas ellas se encuentran en manos privadas. Ya en la masía a documentar, se parte de la comprobación de la ubicación geográfica, para después hacer un recorrido general de reconocimiento de las estructuras arquitectónicas, para valorar su interés y comprobar la existencia de elementos defensivos. Aunque habitualmente la torre es el elemento arquitectónico más destacado y el principal objeto de estudio, no es conveniente obviar sin realizar un análisis preliminar el resto de construcciones, especialmente aquellas que tienen una vinculación constructiva directa con la torre. Seleccionadas las estructuras de interés, se procede a su documentación, que como mínimo consiste en la fotografía y toma de datos general para completar los campos de las fichas diseñadas previamente, y, en los casos de estudio, se realiza un levantamiento arquitectónico completo del edificio torreado, en el que se combina el sistema tradicional de dibujo de

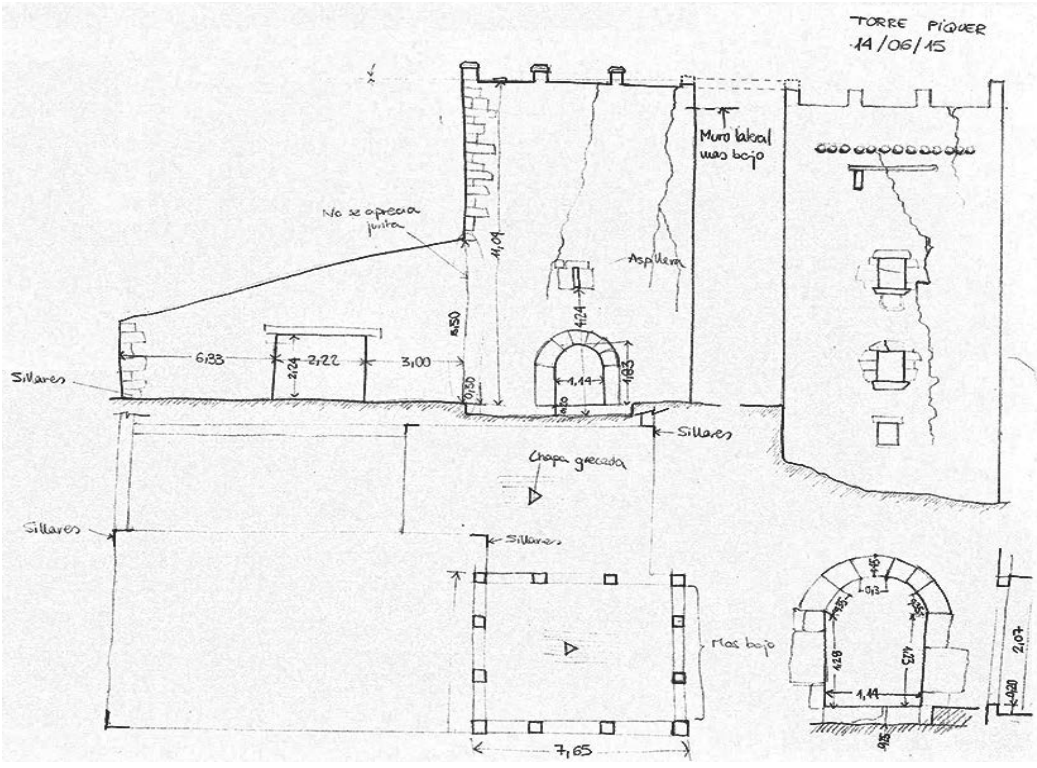



Figura 4
Uno de los croquis realizados de la Torre Piquer, Tronchón

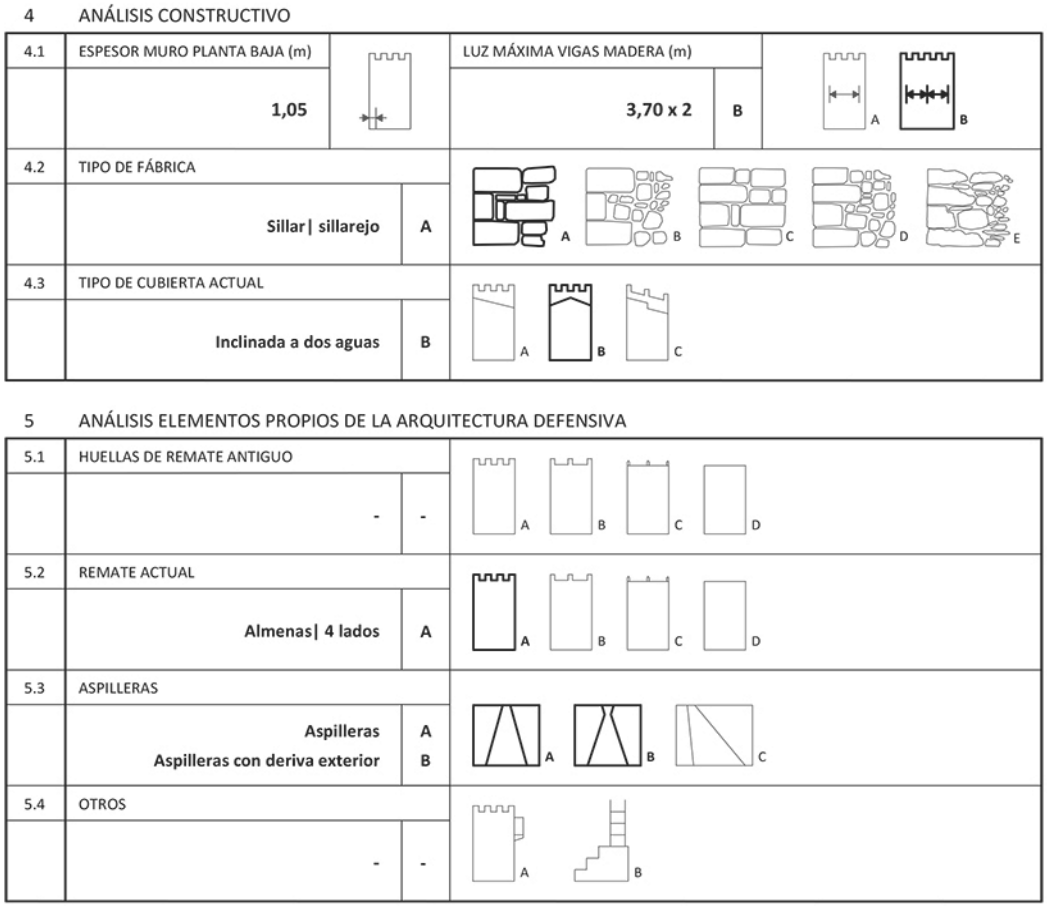
croquis y toma directa de medidas mediante cintas métricas y distanciómetros, con la fotogrametría terrestre (figura 4).

En esta fase, se recogieron algunas muestras de fragmentos de piedras de las inmediaciones de algunas de las torres, en las que, a priori, la inspección visual indicaba que existían piezas de piedra de un tipo diferente a la caliza, dominante en toda la región, como es el caso de la Torre Gorgue, en Villarluengo. Caso del que se recogieron algunas muestras de piedra de color rojizo del entorno cercano para caracterizarlas, para lo que se hizo un análisis muy sencillo en laboratorio, consistente en la observación de la estructura de las muestras en una lupa binocular, además de la comprobación del contenido en carbonato cálcico mediante disolución de ácido clorhídrico, que indicó la presencia de arenisca, lo que coincide con la interpretación tanto de Diego Mallén (2008, 23) como de Sandra de La Torre (2012, 214).

**Procesado y análisis de la documentación**

Los casos seleccionados por haber sido identificada alguna estructura defensiva visible en la actualidad, un total de veintisiete, han sido incluidos en un catálogo, que contiene tanto sus datos generales sobre ubicación, propiedad, protección y estado de conservación, como aquellos aspectos arquitectónicos a analizar para su caracterización y valoración, como son sus principales características funcionales, formales y constructivas, además de las defensivas (figura 5). El catálogo se ha diseñado con la intención de que sea una herramienta muy gráfica que transmita de una forma directa sus características más representativas, para lo que se incluye un lenguaje gráfico a través de pictogramas que complementan los textos escritos y las fotografías.

Para facilitar su análisis, se han introducido los datos en una hoja de cálculo, entre ellos su posición geo-



4 ANÁLISIS CONSTRUCTIVO

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 4.1 | ESPESOR MURO PLANTA BAJA (m) | | LUZ MÁXIMA VIGAS MADERA (m) | |
| | 1,05 | | 3,70 x 2 | B |
| 4.2 | TIPO DE FÁBRICA | | | |
| | Sillar\| sillarejo | A | | |
| 4.3 | TIPO DE CUBIERTA ACTUAL | | | |
| | Inclinada a dos aguas | B | | |

5 ANÁLISIS ELEMENTOS PROPIOS DE LA ARQUITECTURA DEFENSIVA

| | | |
|---|---|---|
| 5.1 | HUELLAS DE REMATE ANTIGUO | |
| | - | - |
| 5.2 | REMATE ACTUAL | |
| | Almenas\| 4 lados | A |
| 5.3 | ASPILLERAS | |
| | Aspilleras | A |
| | Aspilleras con deriva exterior | B |
| 5.4 | OTROS | |
| | - | - |

Figura 5
Detalle de la hoja del catálogo de Torre Gorgue con los datos constructivos y elementos propios de la arquitectura defensiva

gráfica en el sistema de referencia geodésico oficial en el ámbito de la Península Ibérica —ETRS89—, lo que ha permitido ser leída en un Sistema de Información Geográfica —SIG— de software libre y de código abierto —QGIS—, de tal forma que las masías han quedado georreferenciadas y con los datos existentes en el catálogo como sus atributos asociados.

A nivel constructivo, los datos tomados para su registro y posterior análisis han sido el grosor de muro, el tipo de fábrica, el tipo de forjado y la luz máxima de las vigas, y el tipo de cubierta actual. Se ha hecho un esfuerzo de abstracción para hacer una categorización de estos aspectos fundamentales definitorios de su arquitectura a pesar de que es imposible encontrar dos casos exactamente iguales con el objetivo de poderlos analizar comparativamente y extraer unas conclusiones conducentes a la caracterización del tipo.

De aquellos casos en los que las estructuras defensivas presentan unas características más destacadas desde el punto de vista arquitectónico y, por lo tanto, habían sido seleccionados para su documentación mediante un levantamiento arquitectónico completo, se han delineado planos en planta, alzado y sección en un programa de Diseño Asistido por Ordenador —CAD—, para lo que se han utilizado los datos de los croquis, con los extraídos de las nubes de puntos generadas a través de un programa de

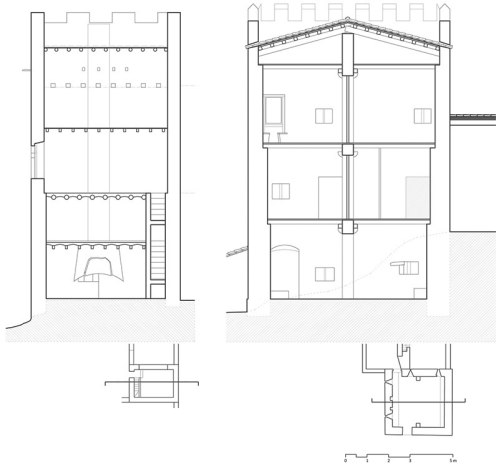


Figura 6
Secciones delineadas de Torre Camañes en Cantavieja (izq.) y Torre Gorgue en Villarluengo (dcha.)

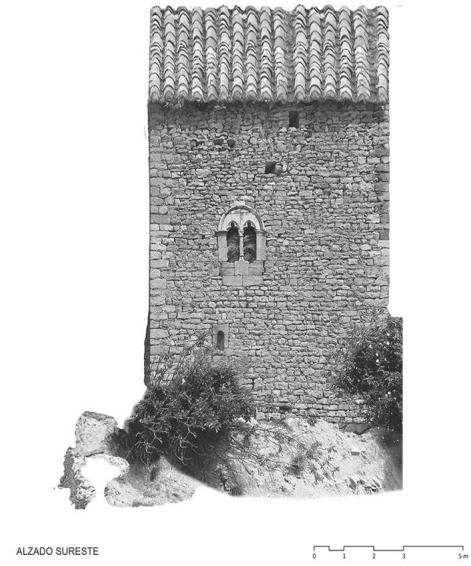



Figura 7
Ortoalzado de la Casa Sisca en Villarluengo

restitución fotogramétrica (figura 6). Para la representación de los alzados se han utilizado las ortofotos resultantes del modelo tridimensional fotogramétrico, con lo que han quedado registradas las texturas de su estado actual, con sus degradaciones y las huellas de las distintas fases constructivas, lo que facilita el análisis de sus fábricas (figura 7). Este método se ha cimentado sobre el levantamiento arquitectónico cuya finalidad primordial es el conocimiento integral de los edificios (Almagro 2004), en este trabajo de los casos de estudio, que a su vez ha permitido una mayor comprensión del conjunto de casos catalogados.

## Resultados y conclusiones

Independientemente de la interpretación funcional de la torre, así como de su categoría formal, todas las torres analizadas responden al mismo sistema constructivo, el tradicional utilizado en las zonas en las que abunda la piedra, a base de muros perimetrales de fábrica de mampostería tomada con mortero de cal, reforzada en esquinas y vanos singulares con sillería, cimentados directamente sobre el estrato rocoso, y estructura horizontal a base de forjados de madera con vigas empotradas directamente en los muros. Las cubiertas actuales son todas inclinadas sobre forjado de madera, en general a un agua, con algunas excepciones, como la Torre Gorgue, en Villarluengo, con cubierta inclinada a dos aguas, o la Torre Altaba, en Cantavieja, con la característica cu-

Figura 8
Imagen de la Torre Gorgue, en Villarluengo

bierta inclinada a un agua pero con dos alturas de la torre-palomar tipo "pied de mulet". No obstante, en la mayoría de cubiertas son evidentes las huellas de haber sido transformadas, por lo que no se descarta la posibilidad de otro tipo de cubiertas en su fase original. Así, es posible que algunos casos tuvieran cubierta plana, lo que habría permitido el uso de las almenas, que muchas de las torres presentan, con un sentido defensivo.

Tanto para los mampuestos como para los sillares se utilizaría piedra del entorno, puesto que las piezas que formalizan la fábrica de mampostería serían recogidas directamente de las inmediaciones del edificio, ya que esta es una zona en la que la piedra aflora a la superficie, y para los sillares se utilizaría piedra franca extraída de alguna de las numerosas canteras que tradicionalmente se han explotado en el entorno maestracense, principalmente de piedra caliza, lo que supondría un importante ahorro en transporte. Así, se trata de un sistema constructivo relativamente rápido y económico, tanto por la utilización de materiales de su entorno cercano como por no necesitar una mano de obra especializada salvo para trabajos de cantería y carpintería. No obstante, en los casos analizados, existe una variación en cuanto a la calidad de las fábricas murales a pesar de utilizar todas el mismo sistema constructivo básico, de forma que mientras que unas pocas están ejecutadas con fábricas de sillarejo reforzadas con sillares de excelente calidad, como la Torre Gorgue (figura 8) o la del Monte Santo, ambas en Villarluengo, las más destacadas del grupo en este sentido, en la mayoría se levantan fábricas con mampuestos de pequeño tamaño tomados con abundante mortero y ripios en los huecos reforzadas con sillares poco trabajados en las esquinas, de hecho, en la mayoría se podría hablar de sillarejos, incluso dos de las torres catalogadas están construidas con muros de mampostería en su totalidad, de forma que las esquinas están ejecutadas con mampuestos careados, la Torre Castellote (figura 9), posible torre de vigilancia o de refugio, y la Torre Huerta, catalogada como palomar, ambas en Cantavieja.

En concreto, se han clasificado cinco tipos de aparejo (figura 10), tomando como criterio la talla y el tamaño de las piezas que conforman la zona intermedia de la fachada principal de la torre, en caso de destacarse una de las fachadas como tal, incluyendo el aparejo de las esquinas, en todos los casos conformadas con piezas más trabajadas que las del resto de superficie mural.

Figura 9
Imagen de la Torre Castellote, en Cantavieja

Prácticamente el setenta y cinco por ciento de los veintisiete casos catalogados han sido clasificados dentro de las categorías de muros de mampostería reforzados con sillar o sillarejo en las esquinas, de forma que la mayoría de piezas en esquina han sido calificados como sillarejos por no presentar una talla lo suficientemente cuidada como para ser considerada sillares.

No obstante, los aparejos de los edificios agrupados en una misma categoría presentan una considerable heterogeneidad, e incluso se ha identificado variación

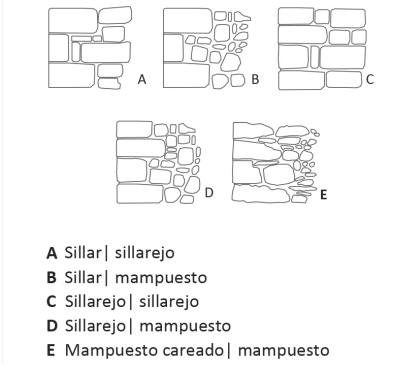



Figura 10
Clasificación de los cinco tipos de aparejos

dentro de las fábricas de un mismo edificio. En algunos casos, la disparidad se produce por fachadas, como en la Torre del Monte Santo, de Villarluengo, torre de claro carácter residencial, con características formales que permiten datarla a finales del siglo XVI, en la que claramente existe una intención de distinguir una fachada principal, lo que no solo se aprecia a nivel compositivo, sino también constructivo, puesto que el tamaño y la calidad de la talla de las piezas de la fachada que contiene su puerta y ventana principales es mayor al del resto de fachadas (figura 11). También se han apreciado variaciones en cuanto al aparejo dentro de la misma fachada, en algunos casos vinculadas con distintas fases constructivas de la torre asociadas a reformas, como en la Torre de la Fuente del Salz, en Castellote, en cuya coronación muestra restos de un remate a base de arquillos de ladrillo, claramente posterior a la fase en la que se ejecutó el resto de muros, de mampostería reforzada con sillares en esquina (figura 12); pero también se han documentado variaciones de aparejo dentro de la misma fase constructiva de una única fachada, como es el caso de la Torre Gorgue, en la que la calidad del aparejo de la franja mural donde se abren los huecos de las ventanas principales es claramente superior al resto de superficie.

Figura 11
Imagen donde se aprecia el distinto aparejo de las fachadas de Torre Monte Santo, así como la ventana principal de diseño renacentista

Figura 12
Imagen donde se ha marcado el remate de ladrillo de la de la Fuente del Salz

En cualquier caso, destaca la calidad de los sillares de los vanos principales, tanto de los de acceso como de las ventanas, habitualmente con cortejador, vinculadas a las estancias residenciales principales, muy superior a la de las piezas en esquina. El tipo de piedra dominante en estos sillares destacados es la cali-

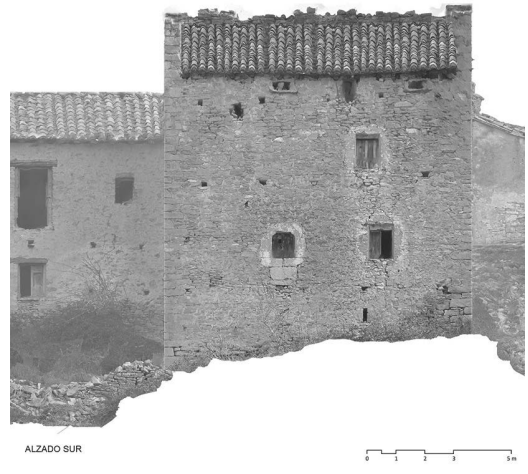



Figura 13
Ortoalzado de la Torre Soriano en Villarluengo

za color crema característica del Maestrazgo, pero en algunos casos concretos se ha identificado el uso de otros tipos de piedra.

Dentro de las piezas que configuran estos elementos singulares es especialmente reseñable la categoría de aquellas que aparecen configurando los detalles formales más elaborados del conjunto, como es el caso de la ventana principal de la Torre del Monte Santo, de diseño plenamente renacentista, con una gran pieza de perfiles rectilíneos y aristas bien escuadradas como dintel y alféizar moldurado, con el perfil clásico en el que se alternan nacelas con filetes planos. Es especialmente reseñable la impecable talla de sus sillares que solo se puede lograr con una piedra franca de calidad, en este caso, caliza de color crema. Posiblemente el mismo tipo de piedra que presentan las dos ventanas identificadas como originales en la cercana Torre Gorgue, ambas adinteladas y con alféizar moldurado en caveto con idéntica solución constructiva, de forma que su jamba más extrema se configura con los sillares que conforman la esquina de la torre. En estas dos torres contrasta el color crema claro de sus ventanas con el tono rojizo del resto de fábrica.

Únicamente se ha identificado un caso entre los catalogados, la Torre Soriano, en Villarluengo, en el que sus muros muestran una retícula de mechinales que, por su tamaño y por la distancia relativa entre ellos, se corresponden con los puntos en los que se colocaría el andamio para la ejecución de sus fábricas de mampostería (figura 13).

En cuanto al espesor de los muros, este varía entre los 65 y los 108 centímetros, medido siempre en la planta baja. Rango dimensional que coincide con el del "mas-torre" catalán (Riu 2001, 25 y 36), pero inferior al referido para la casa fuerte catalana que, según Margarita Tintó (2005, 604-605), está entre 100 y 140 centímetros; cifras que coinciden con las de las torres residenciales del norte peninsular (Luengas y Sánchez 2014, 112). Adolfo Castán indica, por su parte, en su análisis sobre las torres del Alto Aragón, que mientras en las medievales aprecia un rango de espesores muy amplio que varía entre los 56 y los 280 centímetros (Castán 2004, 20-27), en las de Edad Moderna este se sitúa entre los 60 y los 120 centímetros (Castán 2004, 30-36).

Se han distinguido cinco grupos de entre las torres catalogadas por coincidencia de su espesor de muro en la planta baja (figura 14). El primer grupo coinci-

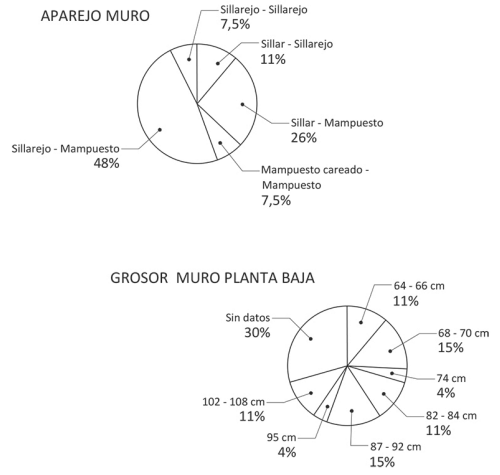



Figura 14
Diagramas con los porcentajes de torres catalogadas según el tipo de aparejo y el espesor del muro en planta baja

de con el espesor mínimo de 65 centímetros, magnitud que se aproxima a los dos pies y medio, según las medidas lineales aragonesas del siglo XV, en las que el pie equivaldría a unos 25,6 centímetros (Lara 1984, 160, 196) y coincide con torres de poca altura, como las de la Casa Pérez, de Villarluengo, o la Casa Ayora, de Tronchón; seguido muy de cerca de un segundo grupo cuyo espesor de muro es de unos 69 centímetros, con torres como la de la Fuente del Salz, de Castellote, o la Masía del Cabezo, de Cantavieja, ambas de escasa altura, de entre 9 y 10 metros, pero también con la Torre Bono o con la Torre Camañes, ambas en Cantavieja, esta última con una considerable altura de más de 14 metros, aunque con una luz de vano reducida, de 5,3 metros. Se podría establecer un tercer conjunto de torres en el que se observa una coincidencia de espesores de muro de entre 82 y 84 centímetros, con la Torre Santa Ana, de Mirambel, y la Torre Soriano y la Torre del Monte Santo, en Villarluengo, las tres con altura por encima de 13 metros, en el caso de la Torre Santa Ana de casi 16; espesor que llama la atención por aproximarse a la vara castellana, establecida en 83,5 centímetros en la Real Orden de 1852. Un cuarto grupo con espesor de muro de 89 centímetros, equivalente a tres pies y medio aragoneses, incluye la torre de mayor altura del conjunto, la Torre Piquer de Tronchón, y la que cubre una mayor luz de vano, la Torre Piquer de Villarroya

de los Pinares, además de la Torre Mercadales, en Fortanete, que aunque no destaca por su magnitud, sí que transmite una fuerte componente defensiva. Por último, cabe destacar el conjunto de torres con mayor espesor de muro, que incluye a la Torre Gorgue, la Torre Sancho y la Casa Sisca, de Villarluengo, con espesores de entre 102 y 108 centímetros, lo que equivale aproximadamente a cuatro pies aragoneses; torres estas últimas con un marcado carácter defensivo y de una magnitud considerable, especialmente la Torre Sancho, en Villarluengo, que podrían encontrarse entre las más antiguas del conjunto.

Estos muros, en la mayoría de casos, muestran la sección escalonada habitual en este tipo de construcciones, de forma que el espesor decrece en altura

El grosor de muro se relaciona con su altura, con la luz de las vigas que descargan sobre él y la calidad de la fábrica, lo que se vincula con la categoría de la arquitectura en general, pero también con su mayor o menor carácter defensivo, si bien es verdad que en las fortificaciones modernas el espesor de muro se redujo respecto a las medievales al modificarse la poliorcética hacia un modelo más activo en el que el ataque cobra protagonismo frente a la defensa pasiva tras robustos muros. En cualquier caso, son espesores que no parecen haber sido dimensionados con una orientación militar, sin embargo, son asimilables a los de las casas fuertes en el ámbito rural.

Así, se trata de un conjunto heterogéneo en cuanto al tipo de aparejo y al espesor mural, aunque dentro del mismo sistema básico a base de muros de mampostería de piedra del entorno reforzados con piezas de mejor talla en esquinas y en vanos, de forma que destaca la calidad de las piezas que conforman las ventanas y puertas, además de otros elementos como los escudos, presentes en algunos de los casos. La calidad del aparejo se relaciona con la categoría formal de la torre, de forma que los casos de mayor calidad constructiva también son los más cuidados a nivel compositivo, lo que se vincula con la capacidad económica de los personajes que promovieron su construcción. De hecho, la maestría con la que están ejecutados los detalles más cuidados habla de la intervención para la ejecución de estas piezas de canteros especializados, lo que supondría un sobrecoste a la construcción, no asumible por cualquiera.

Sin duda, el constructivo es uno de los valores fundamentales de este singular conjunto patrimonial, por lo que se debe ser respetado cuidadosamente en las posibles intervenciones para la conservación de su carácter. La correcta documentación e interpretación del sistema constructivo de cada caso es primordial previamente a cualquier actuación. Los resultados del análisis realizado en la presente investigación permiten dar una visión de conjunto de la tipología de torre de la masía fortificada del Maestrazgo, básica para su adecuada interpretación.

## Lista de referencias


Almagro Gorbea, Antonio. 2004. *Levantamiento Arquitectónico*. Granada: Universidad de Granada.

Castán Sarasa, Adolfo. 2004. *Torres y castillos del Alto Aragón*. Huesca: Publicaciones y Ediciones del Alto Aragón.

De La Torre Gonzalo, Sandra. 2012. *Construir el paisaje: hábitat disperso en el Maestrazgo turolense de la Edad Media*. Zaragoza: Grupo de investigación consolidado CEMA.

Gil Crespo, Ignacio Javier. 2013. *Fundamentos constructivos de las fortificaciones fronterizas entre las coronas de Castilla y Aragón de los siglos XII al XV en la actual provincia de Soria*. Tesis doctoral.

Ibáñez González, E. Javier. 2007. "Maestrazgo real, Maestrazgo utópico". En Ibañez González, E. Javier (coord.), *Comarca de Maestrazgo*, 13-16. Zaragoza: Diputación General de Aragón/ Departamento de Política Territorial, Justicia e Interior. Colección Territorio, nº 27.

Ibañez González, Javier (coord); Casabona Sebastián, José Francisco y Sáez Abad, Rubén. 2017. *Guía de los castillos de las órdenes militares en Aragón*. Teruel: Qualcina. Arqueología, Cultura y Patrimonio y Asociación para la Recuperación de los Castillos Turolenses.

Lara Izquierdo, Pablo. 1984. *Sistema aragonés de pesos y medidas. La metrología histórica aragonesa y sus relaciones con la castellana*. Zaragoza: Guara editorial. Colección básica aragonesa, 45.

Luengas-Carreño, Daniel y Sanchez-Beitia, Santiago. 2014. "Las residencias señorialesmbajomedievales en el País Vasco: Análisis de la evolución del sistema constructivo y sus elementos singulares". En VILLEGAS, Luis et al. (eds.) *REHABEND 2014: Congreso Latinoamericano sobre patología de la construcción, tecnología de la rehabilitación y gestión del patrimonio, Santander, 1-4 de abril de 2014*, 110-117. Santander: Universidad de Cantabria, Grupo I+D de Tecnología de la Edificación.

Mallén Alcón, Diego (coord.) 2008. *Un patrimonio por descubrir. Las torres fortificadas y masías torreadas del Maestrazgo*. Teruel: CEDDAR y CEMAT.

Martín Domínguez, Beatriz. 2021. *Las masías fortificadas del Maestrazgo. Patrimonio arquitectónico de Teruel*. Tesis doctoral inédita.

Riu i Riu, Manuel. 2001. "Aspectes històrics i arquològics del mas". En Ferrer i Mallol, María Teresa; Mutgé i Vives, Josefina y Riu i Riu, Manuel (eds.) *El mas català durant l'edat mitjana i la moderna (segles IX-XVIII): aspectes arqueològics, històrics, geogràfics, arquitectònics i antropològics* (Actas del coloquio celebrado en Barcelona, del 3 al 5 de noviembre de 1999), 19-49. Barcelona: CSIC, Insitució Milà i Fontanals, Departament d'estudis medievals.

Tintó Sala, Margarita. 2005. "La «casa forta» o «domus», una construcción de antiguas raíces en Catalunya". En RUIBAL, A. (coord.) *Actas del III Congreso de Castellología Ibérica*, 601-605. Guadalajara: Asociación Española de Amigos de los Castillos y Diputación de Guadalajara.

Vargas Lorenzo, C. 2013. Reflexiones sobre cronotipologías en Arqueología de la Arquitectura, *Arqueología de la Arquitectura*, 10: e001. doi: http://dx.doi.org/10.3989/arq.arqt.2013.001

# Dos casos de recuperación de las bóvedas tabicadas en la construcción de vivienda nueva en la región de Madrid

Carlos Martín Jiménez
Julián García Muñoz

El presente artículo trata de la construcción de dos bóvedas de obra nueva en dos localidades madrileñas, Alpedrete y Valdemorillo. Son dos ejemplos cuya relación con algunas construcciones previas realizadas en la misma región –las Viviendas de Usera, de Luis Moya, o la reconstrucción de Villanueva de la Cañada, de Castañón y Fungairiño, por poner sólo dos ejemplos– es manifiesta.

El de las bóvedas tabicadas es un sistema de construcción con una muy particular relación con la arquitectura vernácula. Las primeras manifestaciones de estas bóvedas de las que tenemos constancia, al menos en su formulación actual, (Moreno Navarro, 2004) remiten efectivamente a una raíz popular; sin embargo, las sucesivas reencarnaciones de estas bóvedas en algunas zonas (como es el caso de Madrid, en dónde se vivieron diferentes oleadas de construcción abovedada en los siglos XIX y XX) parecen deberse más a su reivindicación por parte de arquitectos e ingenieros que a su uso espontáneo de las mismas por constructores populares.

La reciente construcción de las dos bóvedas mencionadas en viviendas unifamiliares de tamaño medio apunta a un renovado interés por el sistema. El presente artículo pretende no sólo dejar constancia de las técnicas empleadas en la construcción de ambas bóvedas, sino, además, ponerlas en relación con construcciones previas en la misma región, de las que estas nuevas bóvedas son, en alguna medida, herederas.

## Bóvedas tabicadas

Las bóvedas tabicadas se caracterizan por estar formadas por una o varias hojas de ladrillo, colocado de tabla. Esta configuración constructiva les confiere una particular ligereza, y las hace idóneas para adoptar formas complejas. Adaptabilidad formal y ligereza van de la mano: mediante la técnica tabicada es posible construir superficies ligeras de gran complejidad, siempre que se respeten algunos principios básicos de equilibrio. A estas características se suma otra más, fundamental en las bóvedas tabicadas y no habitual en otras más pesadas: no son necesarias cimbras o encofrados para su construcción. Existe la posibilidad, cuando se dispone de materiales adecuados, de colocar el ladrillo sin más referencias que algunos hilos y marcas para el replanteo.

Para construir una bóveda tabicada sin cimbra es necesario disponer de los materiales adecuados (ladrillo ligero y morteros de fraguado rápido, esencialmente) pero también conocer la técnica de construcción. Simplificadamente, ésta consiste en respetar en lo posible –o más bien no incumplir demasiado– las leyes de equilibrio durante el proceso, colocando siempre el ladrillo de forma que la adherencia entre éste y el mortero garantice lo mejor posible la estabilidad provisional de cada pieza sin comprometer al conjunto; e ir cerrando hiladas, sean arcos o anillos, para estabilizar mecánicamente la estructura a medida que se avanza con la construcción.

Muchas de las bóvedas que se describen en lo sucesivo, y en especial las más recientes, están construidas con ladrillo ligero (habitualmente hueco, de pequeñas dimensiones; 20x10x3,5 cm, por ejemplo) y con el estupendo yeso negro de Madrid, cuyo secado es suficientemente rápido como para posibilitar la construcción sin cimbra. Los materiales locales facilitan el empleo de este sistema constructivo, y hacen posible que el impacto energético de la construcción resultante sea limitado.

## Algunos antecedentes madrileños

La tradición de construcción con bóvedas tabicadas se remonta en Madrid a tiempos de Fray Lorenzo de San Nicolás. El fraile agustino, uno de los más importantes arquitectos del Madrid del siglo XVII, firmó un buen número de edificios en la ciudad. Es además autor del tratado Arte y Uso de Arquitectura (p.I. 1639; p.II. 1665). La descripción que Fray Lorenzo ofrece del sistema permite suponer que la técnica era no sólo conocida y empleada con cierta frecuencia (son numerosos los edificios construidos con esta técnica en la época) sino, además, entendida, en lo posible, desde un punto de vista estructural.

Estas bóvedas parecen, sin embargo, haber quedado limitadas al reducido ámbito de la construcción de edificios eclesiásticos en la arquitectura madrileña de los años siguientes. Su generalización como sistema constructivo en la zona llegaría a finales del siglo XIX. El profesor García-Gutiérrez Mosteiro ha reivindicado la figura de Juan Bautista Lázaro como introductor de las bóvedas tabicadas a la catalana en la construcción madrileña del siglo XIX. A este respecto, cita a Cabello y Lapiedra, quien ya en 1907 apuntaba que:

> Lázaro, como constructor, ha sido el que de una manera más franca y decidida rompió con las rutinarias prácticas arraigadas entre nosotros, aboliendo los entramados e introduciendo la fábrica de ladrillo en las construcciones como estructura principal combinada con el hierro, dando entrada a las fábricas de ladrillo y adoptando como sistema el aparejo llamado catalán, que él implantó en la corte, auxiliado de operarios catalanes venidos de la capital del Principado, empleando en sus obras nuevos productos constructivos de la industria nacional, y creando nuevas formas aplicadas al Arte (Cabello y Lapiedra 1907)

García-Gutiérrez Mosteiro establece un posible primer momento del interés de Lázaro en este sistema constructivo:

> Con motivo de las obras para la Exposición Universal de Barcelona de 1888, en las que participa su amigo y compañero Doménech i Montaner, realiza un viaje a esta ciudad que será decisivo para su carrera profesional, así como para la posterior evolución de los usos constructivos en Madrid, ciudad en la que introduce los métodos catalanes y desarrolla el sistema de bóvedas tabicadas (Mosteiro 1992, 450).

Sea como fuere, lo cierto es que en las décadas finales del siglo XIX y primeras de XX el sistema se generaliza en la región. Desde los años 20 de este último siglo, sin embargo, la irrupción del hormigón armado, y su pronta hegemonía, limitarán durante años el uso de las bóvedas tabicadas a elementos de pequeño tamaño y alta complejidad formal, como las zancas de escalera. Las últimas experiencias de importancia tendrán lugar en los años inmediatamente posteriores a la guerra civil, en la que la carestía de materiales hizo que se recuperara esta técnica en diversas iniciativas. Dos interesan especialmente a las bóvedas que describe el presente artículo: las Viviendas de Usera, de Luis Moya, y la reconstrucción de Villanueva de la Cañada, de Castañón y Fungairiño.

## Dos antiguos casos en la región de Madrid

Los dos casos siguientes se dieron en el contexto de escasez que se produjo tras la guerra civil, con fuertes dificultades para acceder a recursos básicos. Con la intención de resolver ese problema, la administración del estado decidió recuperar sistemas como el de las bóvedas tabicadas, pero pronto se hizo patente que no existía personal especializado para construirlas. Por ello, se decidió formar la necesaria mano de obra, y se abrieron diversas escuelas y talleres. Muchas de las construcciones que se realizaron en Madrid en los años siguientes fueron realizadas por oficiales formados en esas escuelas. Existen diversos registros (García 2017) de lo realizado en las mismas, y también de lo que sucedía en los frecuentes concursos de albañilería con los que el régimen pretendía incentivar a los participantes en los talleres (figura1).

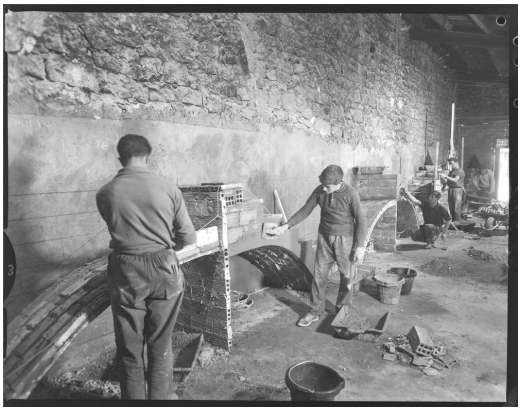


Figura 1
Escuela taller en Covarrubias. Archivo Pando, 1965

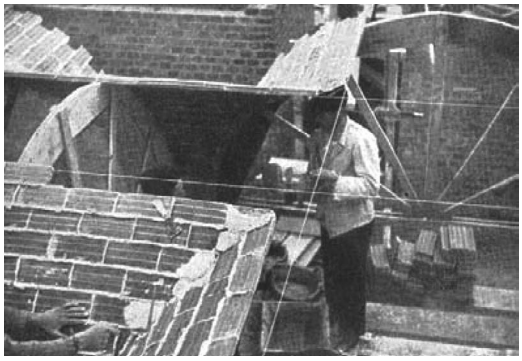


Figura 2
Villanueva de la Cañada. Perspectiva de vivienda tipo A. Castañón 1942

**Villanueva de la Cañada**

Uno de estos ejemplos es el de la reconstrucción del pueblo de Villanueva de la Cañada. La villa, de apenas 140 vecinos, había sido completamente destruida durante la guerra civil, y fue reconstruida en los primeros años 40 por la Dirección General de Regiones Devastadas. Al cargo de las obras estuvieron los arquitectos Juan Castañón y Alfonso Fungairiño, que decidieron, en razón de la carestía de materiales que vivía el país en aquel momento, emplear las bóvedas tabicadas para construir las estructuras tanto de las plantas intermedias como de las cubiertas inclinadas. En la revista Reconstrucción glosaron así la experiencia:

> Como modalidad especial presenta este pueblo el empleo total del sistema abovedado en sustitución de los entramados de piso y cubierta, para ajustarse a las circunstancias actuales de la construcción. Con ello se evita totalmente la carpintería de armar, quedando la madera reducida simplemente a la de taller, se proporciona a los edificios solidez y los anchos muros que exige el tapial y las cámaras de aire que dejan las bóvedas con las cubiertas protegen el interior de los edificios de las variaciones de temperatura del clima estepario de la región centro, más acusadas en el medio rural (Castañón 1942, 452)

El diseño de las bóvedas fue, en la mayor parte de los casos, el de arista que puede verse en las imágenes (figura 2). Probablemente no se optó (más que en ocasiones muy concretas) por bóvedas rectas para evitar descargar en los tapiales de relleno de los muros, con escasas verdugadas de ladrillo cocido. La solución de bóvedas de arista, por el contrario, trasladaba las cargas a las esquinas, que sí se construyeron con ladrillo macizo. Antonio Cámara Niño, entonces Arquitecto Jefe de la Dirección de Regiones Devastadas, ofrecía algunos datos más acerca de la técnica empleada en otro artículo en la misma revista:

En Villanueva de la Cañada hemos seguido esta tradición de bóvedas tabicadas …con tres hojas de rasilla, y enjutadas con hormigón pobre hasta sus riñones. …Excuso decir que los primeros tableros de rasilla se tienden sólo con yeso. Las bóvedas de los graneros superiores se hacen de cañón en bajada, con la inclinación de la cubierta, y la misma técnica de tender las rasillas al aire, guiándose sólo por sencillas cerchas de madera. (Cámara 1941, 35)

José María G. de Churtichaga opina al respecto que «se rechaza el sistema catalán de bóveda de cañón rebajada, pues ello implicaría crujías iguales con muros paralelos poco perforados. Educado ya en los conceptos modernos de la planta libre, [Castañón] elige para el conjunto de la bóveda de arista y sus combinaciones, pues es esta solución la que, al concentrar las cargas en puntos en lugar de bandas, permite sustituir muros interiores por pilares y, con ello, liberar la planta …» (Churtichaga 2001, 14).

Parece que la intención de arquitectos y constructores fue la de comprobar que el sistema era

razonable, en coste y resultados, en el contexto de posguerra. Villanueva tiene interés en tanto que experimento de producción, como base de datos para coste de mano de obra, materiales o medios auxiliares. El rigor de los datos recogidos por Cámara y la clara intención de controlar la producción en todos los aspectos dejan claro que Villanueva fue una experiencia piloto. Una experiencia en la que se puso a prueba la bóveda tabicada no con la intención de reivindicar modelos o estilos más o menos historicistas, sino de verificar su factibilidad técnica.

## Las bóvedas de Usera

Un interesante ejemplo madrileño de posguerra es el de las Casas en el Barrio de Usera, que el Arquitecto Luis Moya levantó en Madrid en 1942. Moya es conocido por los múltiples edificios cubiertos con bóvedas tabicadas que construyó, llegando a dedicar incluso un pequeño tratado al sistema, *Bóvedas Tabicadas* (Moya 1947), en el que detalla las posibilidades que ofrece la construcción con bóvedas ligeras utilizando como ejemplo, en muchos casos, sus propias construcciones.

Las Casas en el Barrio de Usera se construyeron poco después de terminar la guerra civil, en el contexto de escasez de materiales descrito anteriormente. Moya empleó las soluciones técnicas que consideró más razonables, dadas las limitaciones materiales que encontró. El reciclaje de la tradición tabicada tampoco tiene, en este edificio, voluntad historicista, sino utilitaria. El esquema empleado en este caso fue de bóvedas escarzanas consecutivas, posibilitando la construcción de viviendas adosadas. De esta forma, los contrafuertes sólo eran necesarios en los lados menores de la edificación, lo que resultaba idóneo para economizar la construcción. Así justificaba Moya la solución técnica escogida:

> Los contrafuertes resultan muy costosos, sobre todo si no se puede contar con la ayuda de tirantes, aunque sea ocultos. … Solamente puede ser económico el contrafuerte cuando el edificio se compone de un gran número de bóvedas iguales, contrarrestadas unas con otras hasta los bordes de la construcción, dónde se ponen los contrafuertes necesarios para éstas. (Moya 1947, 35-36)

La estructura consistía, así, en una serie de muros de carga de un pie de espesor, separados 2,80 m. unos de otros, sostienen una serie de bóvedas cilíndricas, de generatriz recta y sección rebajada. Los empujes de dichas bóvedas se contrarrestan y trasladan hasta el grupo de contrafuertes laterales, de un pie de espesor y de aproximadamente 1,20 m. de longitud. Las bóvedas se construyeron con doble hoja de rasilla y una relación flecha/luz de 1/8, rellenándose con cascote hueco con lechada de cemento, y reforzándose en planta baja, con una serie de costillas de ladrillo perpendiculares a la generatriz (figura 3).

No hay constancia del aparejo empleado. En todo caso, parece que al interior las bóvedas se guarnecieron y enlucieron con yeso. El ejemplo de Usera, sin embargo, es un antecedente claro de las posteriores bóvedas escarzanas de ladrillo visto que tanto Moya como otros arquitectos (García 2018a, García 2018b) construyeron con profusión en las décadas siguientes.

## Dos bóvedas contemporáneas en la región de Madrid

Las construcciones que se detallen en este apartado fueron realizadas en 2019 y 2020, y mantienen vínculos evidentes con las construidas en las viviendas de Usera y en la reconstrucción de Villanueva de la Cañada. Son las siguientes.

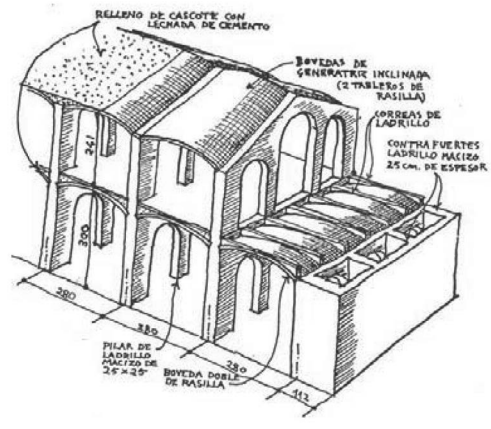



Figura 3
Viviendas en Usera. Perspectiva general. Moya 1947

**Bóveda de cañón con lunetos en Alpedrete**

Se trata de una bóveda de cañón seguido con dos lunetos, de sección estrictamente semicircular. Sus dimensiones, en planta, son de 7,90x2,85 metros. Se construyó con bóveda tabicada, con dos hojas, sin cimbra, empleando ladrillo hueco sencillo 20x10x3,5 tomado con yeso, tanto en la primera como en la segunda rosca. La intención inicial era la de guarnecer y enlucir posteriormente la bóveda, aunque a la vista de la precisión del acabado la dirección de las obras consideró la posibilidad de que el ladrillo quedara visto (figura 4).

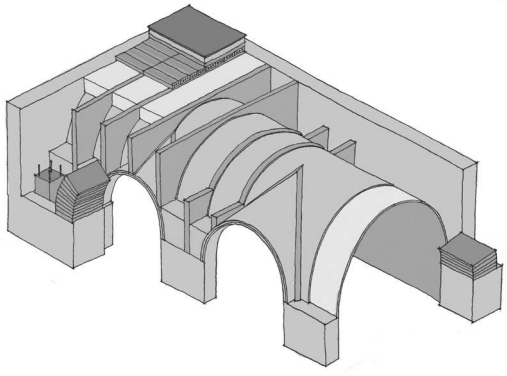


Figura 4
Vivienda en Alpedrete. Perspectiva general

Los lunetos se construyeron a la francesa. La luz de cada uno era diferente; 2,00 m. en el caso del primero, y 2,84 m. en el del segundo. Las alturas de ambos lunetos eran, por ello, ligeramente menores que la de la bóveda principal en los dos casos. Para evitar las complejas curvas que se generan en el encuentro entre dos superficies cilíndricas -curvas que, además, en un caso como este serían distintas- se optó por inclinar ligeramente la generatriz de ambos lunetos, de forma que la línea superior de los mismos fuera tangente a la bóveda principal, consiguiendo así un encuentro apuntado que hace pensar que nos encontramos bajo dos medias bóvedas de arista, sin que estas lo sean en realidad (figura 5).

Figura 5
Vivienda en Alpedrete. Relleno de los hombros

El replanteo de una geometría de este tipo requiere de una serie de hilos en la horizontal, para la construcción de la bóveda de cañón seguido, y de un especial cuidado en el ángulo de salida de las primeras piezas que conforman el luneto, ya que van a ser ellas las que determinen que la arista tenga una geometría en punta coherente con lo deseado (figuras 6 y 7). Ese ángulo se puede calcular sin excesivos problemas, en virtud de la relación entre el ancho de la bóveda principal y el del luneto, aunque un constructor con experiencia e intuición puede normalmente trazarla sin complicaciones.

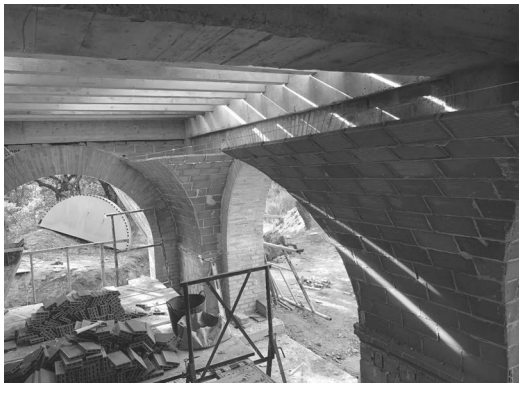


Figura 6
Vivienda en Alpedrete. Avance de la bóveda

Figura 7
Vivienda en Alpedrete. Trasdós y tratamiento de la arista

Sobre la bóveda se dispusieron costillas de tabicón palomero cada 100 cm, con la intención doble de rigidizar la construcción y servir de apoyo a un tablero de rasillón cubierto por una capa de compresión, que habría de conformar el suelo de la planta primera. Los hombros se rellenaron con morteros de cal, como es tradición, hasta el tercio de la altura de la bóveda. Desde ese punto y hasta enrasar con el tablero se vertió arlita suelta, con la intención de mejorar las propiedades de aislamiento térmico del elemento.

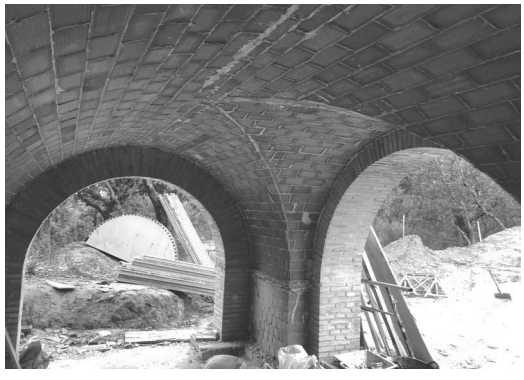


Figura 8
Vivienda en Alpedrete. Bóveda terminada

Como puede observarse en las imágenes, y a diferencia de los ejemplos mostrados en el caso de Villanueva de la Cañada, la bóveda se construyó rodeada por una estructura de hormigón preexistente (figura 8). Esto hizo posible eliminar tanto los contrafuertes habituales en las estructuras de fábrica más pesadas como los atirantados de las más ligeras, ya que la dirección de las obras estimó que la estructura de vigas y pilares hormigón era capaz, por cálculo, de asumir los empujes generados por las bóvedas.

**Bóveda escarzana en Valdemorillo**

En este caso se trató de una bóveda de sección recta, escarzana, con una relación flecha luz aproximada de 1 a 9. Las dimensiones en planta son de siete metros de largo por tres y medio de ancho, y la altura de clave de 40 centímetros. Se construyó con dos hojas; la primera, de ladrillo de tejar de 12x25x3,5, colocada en espiga y tomada con yeso; la segunda, de ladrillo hueco sencillo de 20x10x3,5, tomada con mortero de cal y colocada en dirección longitudinal, contrapeando así las juntas con las de la hoja inferior (figura 9).

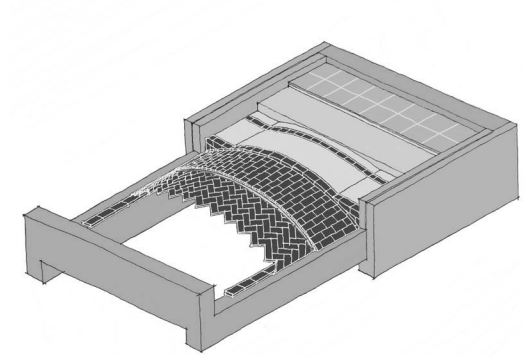


Figura 9
Vivienda en Valdemorillo. Perspectiva general

También esta bóveda se construyó sin cimbra alguna. El replanteo al aire se realizó trazando la bóveda sobre los tímpanos de hormigón y empleando algunos hilos longitudinales, tirados de tímpano a tímpano. Pese a la aparente dificultad que implica un aparejo a espiga, lo cierto es que su geometría facilita que cada nueva pieza a colocar tenga dos caras en contacto con las colocadas previamente, lo que permite una mejor fijación de las nuevas, y hace posible avanzar por arcos, alternando la colocación a izquierdas y a derechas en cada avance (figuras 10 a 13).

Figura 10
Vivienda en Valdemorillo. Arranque del aparejo a espiga

Figura 12
Vivienda en Valdemorillo. Finalización del sencillado

Figura 11
Vivienda en Valdemorillo. Avance del sencillado

Figura 13
Vivienda en Valdemorillo. Doblado recto sobre la espiga

Una de las particularidades de este tipo de bóveda, de sección tan tendida, es el empuje directo que genera sobre los elementos en los que descansan sus bordes. Son muchas las soluciones que se han empleado en bóvedas similares para absorberlos. En este caso las bóvedas descansaban sobre sendas vigas de hormigón armado, sin tirantes (como sucede en otros ejemplos), simplemente conectadas en sus cabezas mediante otras vigas ortogonales, de sección semejante, que hacían la doble función de zuncho y tímpano.

Sobre esta bóveda también se dispusieron costillas (figura 14), pero en este caso se trató simplemente de una tercera línea de ladrillo colocado de plano, con un pequeño freno en el borde. Se colocaron cada 60 centímetros. Sobre la bóveda se dispuso una capa de arlita amorterada con cal, como relleno aislante, y sobre ella un tablero de rasillón, con capa de compresión, para conformar el suelo de la planta primera.

Figura 14
Vivienda en Valdemorillo. Costillas sobre la bóveda

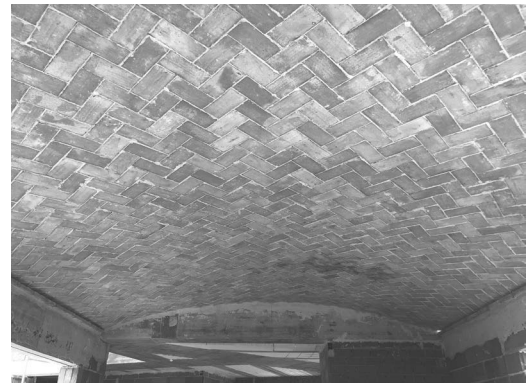


Figura 15
Vivienda en Valdemorillo. Bóveda terminada

## Conclusiones

Las semejanzas entre las bóvedas construidas en Alpedrete y Valdemorillo y las que se emplearon en las viviendas de Usera y en la reconstrucción de Villanueva de la Cañada son evidentes, y, como es lógico, hasta cierto punto buscadas. Sin embargo, se trata como ha podido apreciarse, de soluciones diferentes en algunos puntos fundamentales, como la relación con estructuras perimetrales de hormigón -sustituyendo a contrafuertes o atirantados- o el aislamiento incorporado en su sección, mejorando el comportamiento energético del elemento construido.

El de la eficiencia energética es el valor diferencial de estas bóvedas. En el caso de las dos estudiadas en este artículo, la mejora del comportamiento térmico que hace posible el empleo de arlitas u otros materiales aislantes en los rellenos supone sin duda una virtud del sistema en el momento actual, pero no justifica por sí sola el renovado interés en este sistema. Otra de las virtudes fundamentales de estas bóvedas, e intrínsecas a su formulación tradicional, es su limitado impacto ambiental, dada la posibilidad de construirlas empleando exclusivamente materiales locales y usando muy escaso material auxiliar (como se ha dicho, encofrados o apuntalamientos apenas son necesarios, dado que la construcción sin cimbra es posible). Este puede ser, en un contexto de emergencia energética como el actual, un excelente motivo para reivindicarlas.

## Lista de referencias


Cámara, A. 1941. Construcción de la vivienda rural. *Reconstrucción,* 18: 19-40. Madrid: Dirección General de Regiones Devastadas.

Castañón, J. y Fungairiño, A. 1942. Villanueva de la Cañada. *Reconstrucción,* 28: 451-460. Madrid: Dirección General de Regiones Devastadas.

Churtichaga, J. M. 2001. Aspectos constructivos de la reconstrucción de Villanueva de la Cañada. *Villanueva de la Cañada. Historia de una reconstrucción*. Ayuntamiento. de Villanueva de la Cañada, Madrid.

García, J.; Medina, J.M. y J.A. Rodríguez. 2018. Modularidad y prefabricación abovedada. La experiencia bogotana y su influencia en Latinoamérica. *Actas del Primer Coloquio Colombiano de Historia de la Construcción*. Bogotá.

García, J.; Magdalena, F. y J.M. Medina. 2018. La Casa Pizano y las bóvedas ligeras en Colombia. El origen de una tradición moderna. *Revista Indexada de Textos Académicos,* 9: 152-159. Madrid. https://doi.org/10.24192/2386-7027

García, J.; Rodríguez, J.A. y D. Mencías. 2017. University Workshops as a Way of Dissemination of Architectural Traditions: The Case of the Tile Vault. En G. Amoruso (ed.), *Putting Tradition into Practice: Heritage, Place and Design, Lecture Notes in Civil Engineering* 3. Proceedings of 5th INTBAU International Annual Event. Springer International Publishing A.

García-Gutiérrez Mosteiro, J. 1996. El sistema de bóvedas tabicadas en Madrid: de Juan Bautista Lázaro (1849-1919) a Luis Moya (1904-1990). *Actas del I Congreso de Historia de la Construcción*, 231-241. Madrid.

García-Gutiérrez Mosteiro, J. 1992. La obra arquitectónica de Juan Bautista Lázaro. *Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando,* 74: 445-498. Madrid.

González Moreno-Navarro, J.L. 2004. La bóveda tabicada: Pasado y futuro de un elemento de gran valor patrimonial. En Truñó, A. *Construcción de bóvedas Tabicadas*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Moya, L. 1947. *Bóvedas Tabicadas*. Madrid: Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.

San Nicolás, Fray L. 1639-1665. *Arte y Uso de la Arquitectura*. Madrid.

# El monumento neoclásico de la catedral de Toledo: arquitectura efímera y perdurable

Julio Martín Sánchez

En el año 1807 se inauguró el nuevo monumento para el Jueves Santo de la catedral de Toledo, realizado según proyecto del arquitecto neoclásico Ignacio Haan. Se trata de una obra tardía en su género, que responde a una concepción y unas soluciones técnicas diferentes de las más habituales en la arquitectura efímera precedente. En lugar de los materiales perecederos, en esta ocasión se ideó una obra desmontable e íntegramente levantada en madera, tanto en lo que se refiere al templete superior como al enorme túmulo con escalinatas sobre el que se asentaba, así como en los grupos escultóricos de adorno. La dignificación de los materiales utilizados ha permitido su conservación completa y su reciente musealización.

En esta comunicación se aborda el estudio de las características constructivas de ese monumento toledano, muy descuidadas en la escasa literatura existente, a partir del estudio de la documentación inédita que se conserva en la sección de Obra y Fábrica del Archivo Capitular de Toledo, las fuentes gráficas disponibles (con especial atención al archivo fotográfico de la casa Rodríguez, en el Archivo Histórico Provincial de Toledo), y el propio monumento, que tuvimos ocasión de documentar con antelación a su actual montaje parcial.

## La arquitectura efímera y el nuevo monumento de la catedral de Toledo

Desde la Baja Edad Media, fue costumbre arraigada levantar altares provisionales en el interior de las iglesias para la festividad del Jueves Santo. En ellos se depositaba la segunda Hostia consagrada en la misa *in Coena Domini*, quedando allí reservada hasta los oficios del Viernes Santo. El colosal tamaño y la riqueza que en muchas ocasiones poseyeron estos altares responde a un sentido triunfal a la vez que conmemorativo, pues funcionaban como representación ideal del sepulcro de Cristo (Rivas Carmona 2003, 500).

Los monumentos de Semana Santa experimentaron importantes mutaciones con el paso del tiempo. Su propia naturaleza provisional, las dificultades de conservación de los materiales ligeros con los que solían levantarse, el afán de emulación de los ejemplares más distinguidos y la evolución del gusto artístico resultaron en un continuo proceso de renovación. Las noticias documentales más antiguas acerca del monumento de la catedral toledana datan de los primeros años del siglo XVI (Pérez Sedano 1916, 33; López-Yarto 2006, 380-381), quizás en relación con la ejecución del arca de plata labrada por Pedro de

Medina y Diego Vázquez entre 1513 y 1518. Aunque la descripción elogiosa del monumento que realiza Blas de Ortiz en *Summi templi Toletani perquam graphica descriptio*, de 1549, da a entender que se trataba de una obra entidad arquitectónica (Gonzálvez y Pereda 1999, 203), es mejor conocido el que diseñara Francisco Rizi en 1668. Realizado por él mismo con el auxilio de Juan Carreño, Dionisio Mantuano y Escalante, era en cambio un monumento eminentemente pictórico. En el Gabinete de Estampas de la Galería de los Uffizi se conserva un dibujo de Rizi, relacionado hace tiempo con el monumento toledano (Pérez Sánchez 1972, 102), que probablemente sea el diseño encargado por el Cabildo en 1668 (Lamas Delgado 2016, 208-208). En 1670, tras habérsele encomendado a Rizi la adición de 18 nuevos lienzos a la obra realizada el año anterior (Zarco 1916, 2: 381), los oficiales de la Obra y Fábrica Alonso Benito y Francisco Díaz presentaron una obligación para su montaje, hasta ahora inédita. En ella se comprometían a instalar «el nuevo cerramiento contra la bóbeda … y los dos cerramientos del tercer cuerpo del monumento contra los pilares de piedra que nuevamente se hacen», las barandillas y verjas doradas –que aparecen documentadas ya en el siglo XVI–, todas las reliquias que se les indicaran y «las achas que se le ordenare en los pilares de piedra fronteros». También sería de su obligación «desarmar el dicho monumento y bolberle a llevar y guardar sin que se maltrate, arañe ni rompa a las partes o municiones donde a estado, ansí pintura como madera y todo lo demás que se compone», con el cuidado de reservar toda la clavazón empleada para evitar ese gasto de un año para otro[1].

Según referencias posteriores, aquel monumento barroco diseñado por Rizi era «de pasta y bastidores con lienzos y transparentes» (Parro 1857, 1: 705), en sintonía con la reconocida habilidad y experiencia del pintor madrileño como perspectivo y autor de tramoyas teatrales. Aquellos materiales ligeros eran los habituales en la arquitectura efímera, tanto por su bajo coste como por su flexibilidad creativa. Aunque los monumentos de Semana Santa eran «máquinas a mitad efímeras y temporales», que debían ser recogidas y almacenadas el resto del año, por similitud formal y funcional se han considerado igualmente arquitecturas efímeras (Bonet Correa 1993, 23-24).

La actitud de los eclesiásticos hacia los altares en perspectiva y los efectos teatrales en las funciones religiosas sufrió una profunda transformación en la segunda mitad del siglo XVIII. En Toledo se asistió a una temprana adhesión a su rechazo, que se hace manifiesta en las disposiciones contrarias del cardenal Fernández de Córdoba Portocarrero de 24 de mayo de 1765 y en el *Edicto contra el impropio y excesivo adorno de los templos* publicado por el cardenal Lorenzana en 30 de diciembre de 1775. Los términos de esa censura son inequívocos:

> Vemos con el más vivo dolor de nuestro corazón, que continúan en los templos, señaladamente en los de esta Villa de Madrid, intolerables abusos, que con el especioso título de piedad ha introducido la vanidad y curiosidad, los quales excitaron el zelo de nuestro dignísimo antecesor el Cardenal Córdoba y de nuestros jueces a expedir varios edictos, en que con penas mui graves se prohíbe a los curas de las parroquiales de esta Villa, a sus tenientes y sacristanes, el que por ningún motivo, causa o pretexto permitan en sus iglesias altares de perspectiva, tramoyas con adornos de cartones, platos, salvillas, tafetanes plegados; como ni el que se ponga a los construidos otro algún adorno que el de la cera, plata y alhajas que fuesen conducentes para la mayor decencia y solemnidad de las funciones (Lorenzana, 1786)

Al hacer suyas las prohibiciones de Fernández de Cordoba en beneficio de la dignidad del culto, Lorenzana introducirá también consideraciones acerca del peligro de incendios derivado de la multiplicación de luces y del uso de aquellos materiales ligeros. Como es sabido, fue este uno de los argumentos empleados en las reales órdenes circuladas por Floridablanca el 23 y 25 de noviembre de 1777, de forma singular esta última, dirigida de forma específica a las autoridades académicas. Triunfaban con ella las pretensiones de la Real Academia de San Fernando sobre el control de los proyectos de arquitectura y, en su ánimo antibarroco, acerca la sustitución de los materiales y técnicas que tradicionalmente se habían empleado en la construcción de retablos y otros ornatos de iglesia (Martín González, 1988; 1992).

El nuevo monumento de la catedral de Toledo, cuyos planos fueron realizados por el arquitecto Ignacio Haan el 30 de septiembre de 1805 constituye el culmen del proceso de renovación estética emprendido en la catedral por el cardenal Lorenzana, apoyado en Ventura Rodríguez, Eugenio López Durango y el propio Haan.

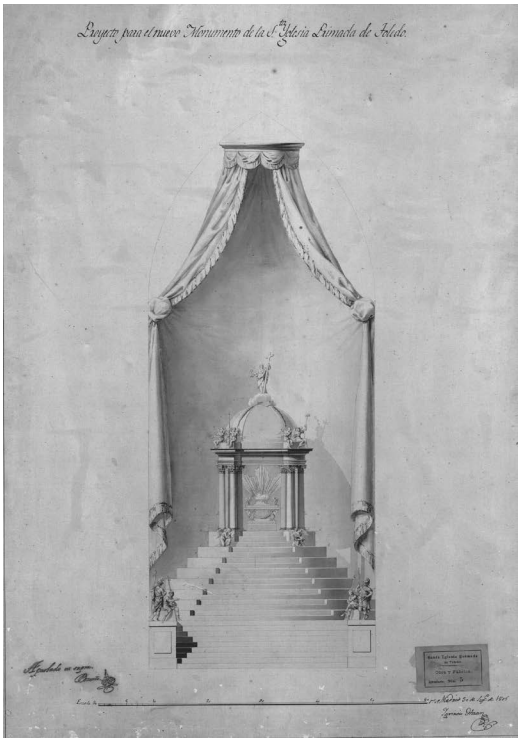



Figura 1
Ignacio Haan. Proyecto del nuevo monumento de Semana Santa. Catedral de Toledo

Figura 2
Vista del monumento de la catedral de Toledo. Rodríguez. Archivo Histórico Provincial de Toledo, SC-04-14

El nuevo monumento, de gigantescas proporciones (figura 2) ocupaba completos los dos últimos tramos de la nave central. Se componía de dos elementos superpuestos: un túmulo escalonado, con gradas de acceso en su frente, y un tabernáculo de orden corintio. La parte arquitectónica se completaba por medio de un programa escultórico compuesto de una imagen de la Fe coronando la cúpula, un grupo de ocho ángeles portando los instrumentos de la Pasión sobre la cornisa del tabernáculo, dos ángeles adoradores en las gradas y cuatro soldados sobre plintos en la parte baja, todos ellos de tamaño mayor que el natural. Sus autores fueron Joaquín Aralí, José Folch y Mariano Salvatierra.

## El tabernáculo

En 1739, Jacques-François Blondel había realizado una serie de dibujos de los aparatos festivos montados en París para celebrar el enlace matrimonial de la princesa Luisa Isabel de Francia con el segundo hijo varón de Felipe V e Isabel de Farnesio, el futuro Felipe I de Parma. La lujosa edición de esta *Description des festes données par la Ville de Paris*[2] constituye un magnífico ejemplo de aquellos vistosos grabados y descripciones entusiastas con los que se quería inmortalizar el «fantástico espectáculo de un mundo de sueño» (Davrius 2018, 111-112). Los aparatos entonces diseñados por el arquitecto, escenógrafo y pintor franco-italiano Giovanni Niccolo Servandoni, y, en especial, el templo de Himeneo construido sobre el espolón del Pont Neuf, le servirán al propio Blondel como punto de partida para proponer una renovación de las arquitecturas efímeras en su influyente *Cours d'architecture civile.* En el capítulo dedicado a *Des édifices élevés en charpente a l'occasion des fétes publiques*, se pregunta sobre la conveniencia de continuar la práctica tradicional que

consistía en un armazón de listones revestido luego de telas pintadas al temple. Existía para ello un motivo de racionalidad económica, pues aquellas escenografías festivas, *«qui ne servent jamais deux fois»*, estaban destinadas a desaparecer tras su uso puntual. Blondel proponía, en cambio, una estructura de carpintería sólida, como la dispuesta por el caballero Servandoni en aquella ocasión, que permitiera sustentar verdaderas columnas y entablamentos realizados en madera en lugar de ser pintados (Blondel 1771-1777, 2: 274). Las consecuencias de esta metamorfosis serian notables tanto en el plano de la ideación, donde los pintores escenógrafos cederían su primacía a los arquitectos, como en el de la ejecución, que bascularía hacia la *menuiserie*. El papel de la pintura debía limitarse a simular la piedra o el mármol y a aplicar de oro o azul los elementos arquitectónicos hechos en carpintería (Blondel 1771-1777, 2: 275).

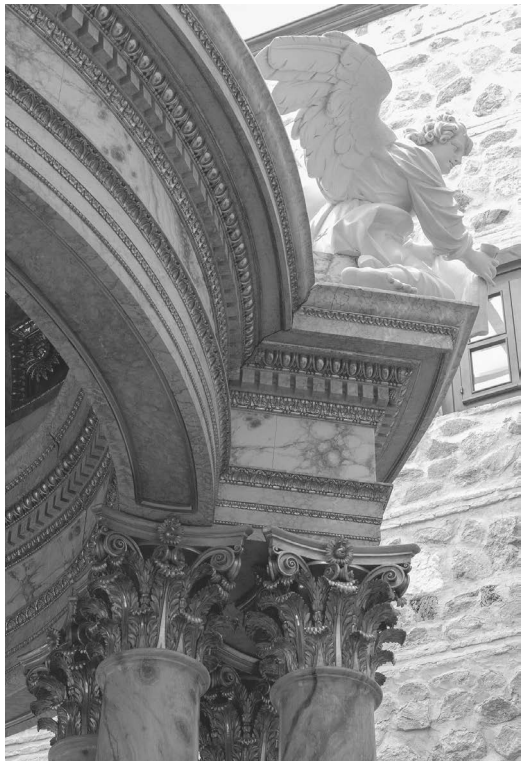


Figura 3
Vista parcial del tabernáculo. Fotografía del autor

Las ideas del arquitecto y teórico francés, como manifestación característica de las ideas de la Ilustración sobre la sensibilidad religiosa y las formas propias del Barroco, que en España triunfarán a partir de las reales órdenes de 1777, encuentran en el tabernáculo del nuevo monumento de la catedral de Toledo un reflejo postrero, pero aún intenso.

El 17 de noviembre de 1805, el canónigo responsable de las oficinas de Obra y Fábrica, Francisco Pérez Sedano, remitía un escrito al secretario de cámara del cardenal Borbón en el que le daba cuenta de la recepción de los planos del nuevo monumento elaborados por Haan, una vez recibida la aprobación previa del propio arzobispo. Decía también que, según el dictamen del arquitecto maestro mayor de la Catedral, «para que pueda estar concluida esta obra, es preciso trabajar en Madrid parte de ella»[3]. Unos días más tarde, al comenzar el mes de diciembre, el cardenal arzobispo daba orden a Pérez Sedano para que se entregase la dirección facultativa de la obra del tabernáculo íntegramente a Haan y que fuera éste quien «se sirviese determinar quién había de executar en ésta [ciudad] el tabernáculo, y si se había de hacer a jornal o por ajuste»[4]. El día 17 de diciembre, Haan proponía el nombre de los artífices «que me parecen más a propósito para su execución, tanto por su habilidad como por su exactitud y hombría de bien», los ya citados Narciso Aldebo y José Ripoll. Así mismo, establecía que «el valor a que podrá ascender el expresado tabernáculo y urna sepulcral, bien executado con buenas maderas y pintado y dorado a toda satisfacción será unos ciento sesenta mil reales, poco más o menos»[5].

Aunque el gobierno económico de la empresa se mantuvo en manos del canónigo obrero, el margen de acción del que dispuso Haan en la dirección del tabernáculo fue mayor del habitual, como atestiguan tanto la elección de Aldebó y Ripoll como la constante intervención posterior del arquitecto como intermediario entre éstos y la Catedral. Así, fue el mismo Haan quien remitió a Pérez Sedano la escritura de obligación de ambos junto con las condiciones de la obra, ajustada finalmente en 155.000 reales de vellón. En el sistema artístico académico, el tradicional ajuste de precios era tenido como una forma de contratación propia del mundo artístico gremial, poco digna para un artista formado en la Academia. Cuando, desde Toledo, se instó a Haan para que acordase el precio de la labor escultórica que Folch y Aralí hacían en Madrid, igualmente bajo su supervisión, con-

testó que «soy de sentir de que a los escultores se les debe tratar con el honor propio de su profesión y de sus personas, mayormente quando se trata de que executen sus respectivas obras con el mayor estudio y esmero, y en esta atención me parece que no es propio el tratar, por ahora, de ajuste»[6]. La posición de Aldebó y Ripoll era, en cambio, diferente; si bien el oficio de adornistas que desempeñaban había supuesto una novedad importante frente al que de forma análoga habían realizado los maestros entalladores y ensambladores de retablos, la mayor consideración intelectual del oficio de escultor les concedía una autonomía más amplia.

La obligación presentada por Aldebó y Ripoll fue aprobada por Pérez Sedano el día 29, y comenzaron su trabajo de inmediato, una vez recibido el primer pago de 10.000 reales acordado. Recibieron puntualmente todos los pagos, pues hicieron su trabajo con plena satisfacción tanto de Haan como del canónigo obrero y del arzobispo. Tanto fue así que en el listado de gratificaciones propuestas para los numerosos artífices que participaron en la elaboración del nuevo monumento, que Pérez Sedano elevó al cardenal Borbón el 6 de abril de 1807, su premio ascendía a 2.000 reales frente a los 1.500 que recibieron los escultores Aralí y Folch, a pesar de que éstos aparecen por encima suya en el orden de prelación (Nicolau 1991, 133-134). Poco después, no obstante, pedían a Pérez Sedano que les fuera concedida la suma total de 160.000 reales calculada inicialmente:

> Muy señor nuestro, por don Ignacio Han hemos recibido el resto del importe de nuestras cuentas y ajuste, juntamente con los dos mil reales de gratificación que se ha servido la generosidad de vuestra señoría concedernos, y por lo que le damos gracias; pero siendo así que en la echura del tabernáculo se ha gastado y hemos trabajado mucho, no habiéndonos quedado nada de ganancia, nos vemos en el estado de suplicar a vuestra señoría que por un acto de justificada bondad y amor a los artistas que cumplen con su obligación, se sirva concedernos de que se nos dé por dicho tabernáculo los ciento sesenta mil reales que pedimos en un principio, pues en realidad de haber bajado los cinco mil reales fue a persuasión de don Ignacio, y por no disgustarle pensando que en la obra se podría ahorrar lo que no se ha verificado, y sí al contrario porque dicho arquitecto nos lo ha hecho executar sin reparar en gasto alguno y con la mayor perfección. Estamos ciertos de la bondad y caridad de vuestra señoría y por lo tal esperamos su favor mientras pedimos a Dios guarde la vida de vuestra señoría muchos años[7].

Según las cuentas tomadas en los libros de Obra y Fábrica, Aldebó y Ripoll recibieron tan solo los 157.000 reales que resultan de la suma del ajuste y la gratificación (Mingo Lorente 2010, 36)[8].

El traslado de las piezas del tabernáculo a Toledo comenzó a prepararse en diciembre de 1806. El día 23 de ese mes Ignacio Haan recibía a Luis Girado, responsable del transporte, a quien, decía el arquitecto «le he hecho ver la mayor parte de lo que ha de conducir … y en especial las piezas más trabajosas de acomodar». Acordaron el empleo de dos cureñas, una propiedad del propio Girado y la otra de la Catedral, si le era concedida. Haan solicitaba así mismo «algunos toldos encerados, ruedos, etcétera, que el mismo Girado podrá escoger con conocimiento y traer quando baya por la cureña»[9]. Las primeras piezas se enviaron a mediados de enero siguiente. La segunda expedición tuvo lugar el 11 de febrero, «con los seis últimos trozos de cornisa, quatro columnas, ocho capiteles y quatro basas». Ante la posibilidad de lluvias y nieve, las piezas se remitieron cubiertas por toldos y «seis encerados de Palacio» dispuestos por Guirado[10]. El transportista había retornado a Madrid en la noche del día 16, cargó durante los tres días siguientes y volvió a salir con prisa para Toledo el día 20. El arquitecto, reconociendo su esfuerzo, le decía a Pérez Sedano que «el pobre ba enseñando a los bueyes a correr la posta». En este nuevo viaje llegaron a toledo «todo el sotabanco que ba sobre la cornisa, el resto de los capiteles y basas y las quatro estatuas de don Joaquín Aralí». Las cuatro secciones de la cúpula, que estaban entonces terminándose, quedaban para un viaje sucesivo, «que es quanto se necesitarán para concluir el asiento de todo el tavernáculo»[11]. Junto con el envío partió para Toledo José Ripoll, con una carta de presentación de Haan, para comenzar la instalación del tabernáculo. En el último viaje, que se retrasó hasta el día 12 de marzo como consecuencia de las dificultades que experimentaba Guirado, se despacharon desde Madrid la Fe que coronaba el conjunto, el arca, el anillo que sustentaba el pabellón de telas por su parte superior y la cruz luminosa que se haría suspender de las bóvedas para completar el conjunto.

El número total de piezas del tabernáculo, atendiendo tan solo a las de arquitectura, es elevado. Las 16 columnas están divididas a su vez en tres partes cada una –basa, fuste y capitel–, realizadas de forma independiente; aunque están realizadas en buena ma-

dera, no son completamente macizas, sino que presentan una caja cuadrada en su interior por la que se hace pasar un pie derecho que cubre toda su altura, desde el apoyo inferior en el graderío hasta la cornisa superior. El entablamento, por su parte, se divide en cuatro segmentos de corona circular de mayor longitud y otros cuatro menores, proyectados hacia afuera, que les sirven de unión y quedan directamente apoyados sobre los grupos de columnas.

El sotabanco queda dividido de idéntico modo que la cornisa; las secciones que montan sobre los grupos de columnas van provistas de espigas de hierro para la sujeción de las parejas de ángeles con instrumentos de la pasión. Las cuatro piezas que conforman la media naranja con casetones se engarzan entre sí mediante lengüetas.

Según muestran las fotografías del montaje realizadas por la casa Rodríguez, cada una de las partes debía ensamblarse de forma independiente y, una vez montada, era izada hasta su posición definitiva. Para ello, las piezas disponen de argollas de hierro que, en el caso de aquellas que deben recibir nuevas piezas sobre sí, quedan escamoteadas en un rebaje tallado. El elevado peso del tabernáculo obligó a disponer nuevos tornos sobre las bóvedas, de mayor potencia que los existentes hasta entonces, para cuya instalación fue necesario realizar apeos y entramados sobre las bóvedas.

Figura 5
Piezas de la cúpula del tabernáculo almacenadas. Fotografía del autor

Figura 4
Detalle de la unión de las piezas del tabernáculo. Fotografía del autor

La unión de las secciones en horizontal se realiza mediante herrajes de hierro, perfectamente numerados al igual que las piezas mismas. Se conservaban en cajas de madera fabricadas *ex profeso*, del mismo modo que se hizo para las basas y los capiteles dorados. Este procedimiento, respetado durante los dos siglos transcurridos desde que el monumento fuera fabricado, ha permitido su conservación completa y su utilización en el actual montaje.

Aunque el monumento se levantó solo de forma esporádica, afectado por los conflictos bélicos, los avatares políticos y la crisis de rentas eclesiásticas que siguió de forma inmediata a su inauguración, mientras se mantuvo en uso se conservaba almacenado en las claverías, que ocupaban el lado sur del claustro alto, adyacente al templo (Parro 1857, 1: 703). Para facilitar su traslado, tras su primera instalación se hizo una suerte de andillas para cada uno de los ángeles del tabernáculo, aún conservadas

Su autor, junto con otras mejoras y arreglos para la fortificación de las uniones de las piezas del tabernáculo, fue el maestro carpintero Eugenio Antonio Alemán, oficial de la Obra y Fábrica[12]. Él mis-

Figura 6
Ángeles del monumento almacenados. Fotografía del autor

mo contrató nuevamente el montaje del monumento para 1808, en los siguientes términos:

> Todas las maderas de plantas, alzados, entramados, formaletas y tableros que están en los talleres de las fraguas, serán conducidos a ombro esceptuando los pies derechos que sostienen el tabernáculo, que por su mucho tamaño y grabe peso hirá en carro de mano, para oviar alguna desgracia, todo con mucho quidado para que nada se desgracie; todas las graderías y tableros pintados, será tratado con cuidado, para que nada se descostre; tabernáculo y estatuas, será conducido en las andillas que cada pieza y estatua tiene, y la misma orden se guardará en la colocación de su asiento, poniendo todo el conato en el asiento y atados de las cuerdas; el desarmado se hará en higual clase que el armarle, colocando cada pieza en los mismos términos y sitios donde yo lo dejé colocado el año pasado, y donde lo encuentro[13].

El cuidado puesto en la conservación del monumento, tanto en las condiciones de su almacenamiento como durante las operaciones de montaje, resulta afín a las observaciones realizadas por Blondel cuando proponía la sustitución de los telones tradicionales por elementos modulares de buena carpintería. En este sentido, el monumento toledano puede considerarse un epítome de la actitud académica frente a la arquitectura efímera. La naturaleza de los monumentos de Semana Santa, que, a diferencia de otros decorados festivos, eran reinstalados cada año, facilitaba una solución semejante a la esbozada por el arquitecto francés. El empleo de madera reclamado por Blondel tenía como propósito la perduración de los elementos arquitectónicos más allá de su uso en un momento concreto, de modo que pudieran ser reutilizados en otro montaje posterior. Para que esta última idea pudiera tener efecto, era preciso disponer de almacenes donde esas piezas se conservaran y, si era preciso, fueran reparadas, mientras aguardaban un nuevo uso (Blondel 1771-1777, 2: 275).

## El túmulo

A diferencia del tabernáculo, el elevado graderío que le servía de soporte fue realizado íntegramente en Toledo, según condiciones dadas por el entonces aparejador de la Obra y Fábrica, Francisco Jiménez. Esta solución pone de manifiesto una compresión diferenciada de los requisitos técnicos necesarios en cada uno de los casos. Si en el tabernáculo encontramos la plena dirección facultativa de un arquitecto académico de primera fila, antiguo pensionado en Roma, que supervisa la actividad de escultores, adornistas y otros artífices de reconocida capacidad establecidos en la Corte, el túmulo tuvo como protagonistas a una serie de individuos de trayectoria eminentemente local y, en muchos casos, formación tradicional de carácter gremial. Desde comienzos del siglo XVI, cuando apareció la figura del aparejador en las obras catedralicias, habían quedado delimitadas con claridad sus atribuciones frente a las del maestro mayor. A éste, el arquitecto, le correspondían las tareas de ideación y, en no pocos casos, tan solo se requerían sus servicios cuando era necesario formar los planes de un proyecto de mayor entidad. El aparejador, en cambio, tenía asignada la dirección técnica de las obras, la supervisión del estado del edificio y la ejecución de las intervenciones necesarias para su conservación. En este sentido, el encargo recibido por Francisco Jiménez para dar las condiciones y dibujar las trazas y monteas para la ejecución de la estructura tumular del monumento, siempre según la idea general dada por Haan, debe interpretarse como la reducción de esa parte de la obra a un problema estrictamente técnico. Resulta por ello interesante analizar, a través de las condiciones dadas el 25 de marzo de 1806[14], cómo abordaron la construcción de una estructura de tal tamaño y peso aquellos maestros avezados.

En la primera condición, Jiménez dejaba establecido que todas las maderas empleadas en los armazones deberán estar labradas por sus cuatro caras, «sin que tengan nudos, saltados ni astillazos, sacadas las

maderas a marco con exactitud para su buen asiento, e igualdades en sus hacez». La segunda estaba destinada a regular el modo en el que se debería realizar la planta perimetral del túmulo, con todas sus maderas cajeadas a cola de milano y ensambladas por gatillos con la misma forma, de modo la caja no alcanzara la mitad del ancho de las maderas «para no jarretar tanto» y evitar con ello que resultaran quebradizas. Sobre ellas irían montados los pies derechos de los alzados de los dos tramos inferiores del graderío, «enzapatados con espiga pasada con cuñas y tarugo encolado», teniendo cuidado de que el pie derecho no coincidiera con los empalmes de las maderas de la planta. Sobre los pies derechos se levantarían las carreras y entramados para la instalación de los suelos en las plataformas respectivas, «con sus empalmas y brochales con toda fortificación». En general, se pedía a quien se encargara finalmente de la ejecución de la obra de carpintería que realizase una distribución de las carreras que facilitase su armado y su transporte. La tercera condición se refería de forma específica a los pies derechos de sustentación del tabernáculo, distribuidos de forma circular, pues su mayor altura y el peso que debían soportar requerían el mayor esmero en las empalmas, «con toda la fortificación posible», que habría de lograrse mediante dos órdenes de espigas.

La cuarta condición se dedicaba a la ejecución de los suelos, que se compondrían de dos tableros encolados y embarrotados, «haciendo un despiezo que sean manejables, tanto para la conducción como para el asiento, a fin de que puedan manejarse con toda libertad». La forma de realizar las escaleras quedaba regulada en la condición quinta, donde se establecía la obligación de disponer un denso entramado «para que las graderías no tengan bibreo», tanto en los tramos inferiores, donde esas gradas eran rectas, como en el superior, donde eran curvas.

La sexta condición trataba del cerramiento del monumento en todo su perímetro mediante tableros y la séptima, de las escalerillas laterales añadidas al proyecto original de Haan, que habrían de servir para que los clérigos de la catedral pudieran subir hasta el tabernáculo para velar la Hostia depositada en el arca.

En la condición octava se fijaba la necesidad de hacer un andamio provisional para servir a la instalación del tabernáculo y la escultura, de buena calidad para que pudiera usarse repetidamente. Por ello, ordenaba que sus maderas fueran numeradas «juntamente con todo lo demás del monumento, con una numeración clara e inteligible, pieza por pieza, para que qualquiera le pueda armar en lo futuro».

Figura 7
Montaje del túmulo del monumento. Rodríguez. Archivo Histórico Provincial de Toledo, CMB2-076

Las cuatro últimas condiciones, desde la novena hasta la duodécima, precisaban respectivamente la obligación por parte del asentista de instalar todo el herraje y tornillería necesarios, pues se debía prescindir por completo de clavazón, y la de sentar todo el monumento con excepción del tabernáculo, además de precisar que todo el material, incluida la herramienta, sería facilitada por la Catedral, aunque el serrado y torneado de la madera y su conducción correrían de cuenta del contratista, siempre bajo la supervisión del propio aparejador o de la persona en quien el canónigo obrero delegase.

La extrema robustez de aquel imponente túmulo quedó perfectamente reseñada en la descripción que de la estructura realizó el autor del *Toledo en la mano*:

> Su armadura es superabundantemente sólida y complicada, pues con mucho menos material del invertido en ella, creemos que se hubiera conseguido el mismo objeto; es tal la multitud de pies derechos apoyados en otras vigas, que tendidas por el pavimento dibujan la planta de la fábrica, asegurados con dobles tornillos (pues en toda esta gran mole no hay in solo clavo sino que todo está atornillado) en otras vigas que descansan sobre ellos, y mantenidos por tornapuntas, que parece aquello un verdadero pinar. Otro tanto puede decirse de los caballetes que sostienen las gradas de la escalinata, pues con solo haber de cargar sobre ellos una tabla de pino, que es lo que forma

la cubierta de cada escalón, hay armadura para fabricar encima de piedra de sillería ese mismo monumento (Parro 1857, 1: 708-709).

Tan solo dos días después de haberse formado las condiciones para el túmulo, el 27 de marzo de 1806, el maestro de carpintería Eugenio Antonio Alemán se obligó a montarlo en blanco entre los meses de septiembre y noviembre de ese mismo año, según las condiciones, dibujos y monteas dados por Francisco Jiménez.[15]

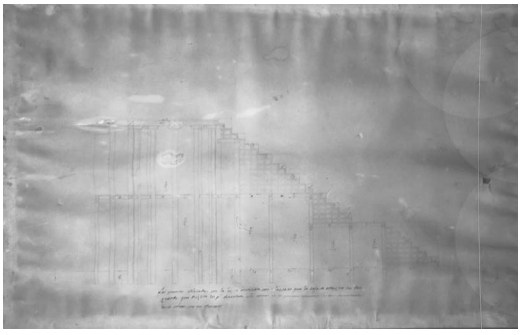


Figura 8
Francisco Jiménez. Croquis del entramado del monumento. Paradero desconocido

Una vez completada esa fase del trabajo, desmantelaría y trasladaría las escaleras laterales y las demás partes que debieran ser pintadas mientras la estructura permanecía en su lugar, para volver a colocarlas cuando el maestro dorador toledano Manuel Pérez Maroto concluyera su trabajo. Por todo ese trabajo, además de los aumentos de obra a los que ya se ha hecho referencia, Alemán recibió 141.537 reales (Mingo Lorente 2010, 36).

## Conclusiones

El último monumento de Jueves Santo de la catedral de Toledo responde plenamente a los postulados y de la arquitectura neoclásica, tanto en sus formas como en los sistemas artísticos empleados en su construcción. Si, por un lado, el tabernáculo resulta en sintonía con las propuestas de Jacques-François Blondel sobre la arquitectura efímera, y fue realizado conforme a la práctica noble de la *menuiserie* por los adornistas Aldebó y Ripoll, el túmulo se resolvió en clave estrictamente técnica por maestros locales. Su contratista, el carpintero Alemán, no alcanzaría la titulación de maestro de obras por la Academia hasta mucho después, en 1819, cuando tenía ya 50 años de edad. Como el aparejador Jiménez, se trata de maestros que, aún anclados a la formación y los sistemas de promoción profesional tradicionales, tratan de integrarse en las nuevas corrientes académicas. Ese carácter híbrido está muy presente en su participación en el monumento toledano.

## Notas

1. Obligación de Alonso Benito y Francisco Díaz para montar el monumento durante tres años, 21 de febrero de 1670. ACTOF. Monumento, sin signatura.
2. En la Biblioteca Nacional de España existe una versión manuscrita (signatura Dib/14/50), que contiene los dibujos preparatorios para los grabados calcográficos publicados en Blondel, Jean-François *et al.* (1740). *Description des festes données par la Ville de Paris a l'occasion du mariage de madame Louise-Elisabeth de France et de Dom Philippe, infant et grand admiral d'Espagne, les vingt-neuviéme et trentiéme août mil sept cent trente-neuf*. París: Imprimerie de P. G. Le Mercier.
3. Comunicación de Francisco Pérez Sedano a Rafael Antón, 17 de noviembre de 1805. Archivo Capitular de Toledo. Obra y Fábrica (ACTOF). Monumento, sin signatura.
4. Carta de Ignacio Haan a Francisco Pérez Sedano, 10 de diciembre de 1805. ACTOF. Monumento, sin signatura.
5. Carta de Ignacio Haan a Francisco Pérez Sedano, 17 de diciembre de 1805. ACTOF. Monumento, sin signatura.
6. Carta de Ignacio Haan a Francisco Pérez Sedano, 24 de diciembre de 1805. ACTOF. Monumento, sin signatura.
7. Carta de Narciso Aldebó y José Ripoll a Francisco Pérez Sedano, 22 de mayo de 1807. ACTOF, Monumento, sin signatura.
8. La fecha que este autor recoge como la del primer pago es el 6 de julio de 1806. Sin embargo, Pérez Sedano había dado para entonces otras tres letras a su favor, a través de Ignacio Haan, fechadas el 12 de enero, el 13 de marzo y el 11 de mayo, según el calendario de pagos acordado.
9. Carta de Ignacio Haan a Francisco Pérez Sedano, 23 de diciembre de 1806. ACTOF. Monumento, sin signatura.
10. Carta de Ignacio Haan a Francisco Pérez Sedano, 10 de febrero de 1807. ACTOF. Monumento, sin signatura.
11. Carta de Ignacio Haan a Francisco Pérez Sedano, 17 de febrero de 1807. ACTOF. Monumento, sin signatura.

12. Certificado de Francisco Jiménez, aparejador de la Obra y Fábrica, sobre las obras y aumentos realizados por Eugenio Antonio Alemán en el monumento nuevo, 2 de junio de 1807. ACTOF. Leg. 36, nº 171, sin foliar.
13. *Condiciones bajo las cuales me Obligo a armar y desarmar el Monumento de la Sta. Iglesia primada*. Eugenio Antonio Alemán, 8 de febrero de 1808. ACTOF. Leg. 36, nº 167.
14. Condiciones que de orden del señor don Francisco Pérez Sedano … formo yo, Francisco Ximénez, … bajo las quales han de construirse las armazones del nuevo monumento deliniado por don Ignacio Haan. 25 de marzo de 1806. ACTOF. Leg. 36, nº 171, sin foliar.
15. Tuvimos ocasión de contemplar esos dibujos y realizar la reproducción fotográfica que aquí se presenta mientras era canónigo obrero don Antonio Cabrera Delgado y Silveira, quien amablemente nos facilitó el acceso al archivo de Obra y Fábrica. Esos dibujos se encuentran en paradero desconocido en la actualidad.

## Lista de referencias


Blondel, Jacques-François. 1771-1777. *Cours d'architecture ou traité de la decoration, distribution et construction del batiments*. París: Desaint.

Bonet Correa, Antonio. 1993. La arquitectura efímera del Barroco en España. *Norba Arte* 13, 23-70.

Davrius, Aurélien. 2018. *Jacques-François Blondel, architecte des Lumières*. París: Garnier.

Gonzálvez, Ramón y Pereda, Felipe (eds.). 1999. *La Catedral de Toledo, 1549. Según el Dr. Blas Ortiz: Descripcion Graphica y Elegantissima de la S. Iglesia de Toledo*. Toledo: Antonio Pareja Editor.

Lamas Delgado, Eduardo 2016. Monumento de Semana Santa de la catedral de Toledo, en Navarrete Prieto, Benito (dir.). *I Segni nel tempo. Dibujos españoles de los Uffici*. Catálogo de la exposición celebrada en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, 208-209. Madrid: Fundación Mapfre – Gallerie degli Uffizi.

López-Yarto Elizalde, Amelia. 2006. El esplendor de la liturgia eucarística: el monumento y el arca del Jueves Santo de la Catedral de Toledo, en Rivas Carmona, Jesús (coord..). *Estudios de platería: San Eloy 2006*. Murcia: Universidad de Murcia – Fundación Caja Murcia.

Lorenzana, Francisco Antonio de. 1786. *Cartas, edictos y obras sueltas*. Toledo: Nicolás Almazano.

Martín González, Juan José. 1988. Problemática del retablo bajo Carlos III, *Fragmentos* 12-13-14, 33-43.

Martín González, Juan José. 1992. Comentarios sobre la aplicación de las reales órdenes de 1777 en lo referente al mobiliario de los templos, *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología* LVIII: 489-496.

Mingo Lorente, Adolfo de. 2010. *El Monumento de Semana Santa de la catedral de Toledo*. Toledo: Consorcio de Toledo.

Nicolau Castro, Juan. 1991. *Escultura toledana del siglo XVIII*. Toledo: Diputación Provincial, Instituto Provincial de Investigaciones y Estudios Toledanos.

Parro, Sixto Ramón. 1857. *Toledo en la mano*. Toledo: Imprenta y Librería de Severiano López Fando.

Pérez Sedano, Francisco. 1926. *Datos documentales para la Historia del Arte español. I. Notas del archivo de la catedral de Toledo.* Madrid: Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas. Centro de Estudios históricos.

Pérez Sánchez y Alfonso Emilio. 1972. *Mostra di disegni spagnoli*. Catálogo de la exposición. Florencia: Gabinetto Disegni e Stampe degli Uffici – Casa Editrice Leo S. Olschki.

Rivas Carmona, Jesús. 2003. La significación de las artes decorativas, suntuarias y efímeras en las catedrales: los Monumentos de Semana Santa y sus arcas de plata, en Ramallo Asensio, Germán (coord.). *Las catedrales españolas. Del Barroco a los historicismos,* 493-530. Murcia: Universidad.

Zarco del Valle, Manuel R. 1916. *Datos documentales para la Historia del Arte español. II. Documentos de la catedral de Toledo*. Madrid: Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas. Centro de Estudios históricos.

# De la tratadística a las obras: la construcción de los almacenes de pólvora en la Nueva España

Gladys Martínez Aguilar

Se conoce como almacén de pólvora, polvorín o *magasin*, a las construcciones que cumplen la función de acopio y conservación de la pólvora en los sistemas de fortificación de la Edad Moderna. La arquitectura militar durante este periodo evolucionó por el uso de artillería basada en cañones cuyas balas impulsadas por la mezcla explosiva modificaron las formas de ataque y defensa de las plazas. Además del desarrollo tipológico, se requería que el insumo básico de la artillería estuviera bien conservado y fuera accesible durante los eventos bélicos, por lo que el programa arquitectónico incluía almacenes y *repuestos*, éstos últimos son centros de acopio de menor dimensión «que se tienen a la mano, para sacar y reemplazar los géneros y municiones a proporción que se van gastando» (Lucuze 1772).

La pólvora mezcla de salitre, azufre y carbón es un invento atribuido a los chinos en la Antigüedad, cuya difusión de sus propiedades como explosivo de uso militar se realizó en Europa durante el siglo XIII por el trabajo científico de Roger Bacon. Sus primeras aplicaciones bélicas se identifican en las batallas entre castellanos y musulmanes durante el siglo XIV, en donde estos últimos usaron cañones con balas de hierro disparadas por el efecto de la pólvora. (De Mariana 1592) La efectividad del nuevo recurso detonó que en el siglo XIV y XV se enfocaran los esfuerzos de científicos y militares en perfeccionar armamento bajo un nuevo sistema y así, poco a poco se extendió su uso.

En España, la producción de pólvora a principios del siglo XVI era limitada por la escasez de fuentes de salitre y azufre, de manera que no era un insumo accesible (Sánchez Gómez 1985), a pesar de que la expansión de los dominios de la Monarquía demandaba su suministro hasta los territorios americanos. Para fabricar la pólvora, España recurría a Flandes desde 1540 como principal proveedor de salitre, además de Alemania y Génova (Sánchez Gómez 1989). Esta situación repercutió durante el siglo XVI en un constante desabastecimiento de la mezcla explosiva en España y probablemente incidió en un bajo requerimiento de espacios para su almacenaje, panorama que más tarde se superaría hasta que nuevamente a finales del siglo XVIII se presentó una crisis en la producción de la pólvora (Gago y Mauskoff 1981), situación que en Nueva España se intentó contrarrestar con la creación de la Fábrica de Pólvora en Santa Fe.

En contraste a la variación en el suministro del insumo básico del armamento moderno, la producción del conocimiento teórico y científico sobre la pólvora y sus aplicaciones bélicas no se restringieron, por lo que diversos tratados sobre artillería y arquitectura militar surgieron durante el siglo XVI y poco a poco fueron consolidando el nuevo sistema de fortificación. Asimismo, el creciente uso de la pólvora implicó la integración de los espacios destinados a su almacenaje en el programa arquitectónico de los recintos fortificados. En Nueva

España, el desarrollo de los almacenes de pólvora se presenta en dos fases, en la primera entre los siglos XVI y XVII en donde se incluyen los espacios indispensables como parte de la fortificación de la ciudad amurallada y la segunda fase en el siglo XVIII en donde consolidada una tipología desde la tratadística, se levantaron diversos almacenes al interior de las principales plazas e incluso en zonas cercanas cuya ubicación era parte de una estrategia de defensa.

## Requerimientos para el almacenaje de la pólvora

El objetivo principal de los almacenes fue acopiar en buen estado la pólvora asignada a determinada plaza, para lo cual se requería de cubrir dos aspectos principales: el empaque y el almacenaje.

### Empaque

Después de la fabricación de la mezcla explosiva se envasaba en barriles o en cajones que garantizaran tanto su conservación como un fácil manejo en su traslado a los almacenes. Uno de los requisitos indispensables era que la humedad del ambiente no alterara la pólvora, para lo cual el empaquetado consistía en un sistema doble, primero vaciada en saco y posteriormente en barriles o cajones, o bien un sistema de doble barril.

Los contenedores debían estar elaborados completamente de madera, sin hierro u otro tipo de metal, por lo que la unión de las piezas era un punto por resolver correctamente con el mismo material sin que se afectaran las duelas de barriles o las uniones de los cajones por la absorción de humedad del ambiente y con ello, se expandieran sus elementos, pues eso pondría en riesgo el contenido. Para evitar cualquier desperfecto, además de procurar un ambiente seco, se recomendaba el uso de alumbre o sulfato de potasa y alúmina como protector de madera. (Del Fraxno y De Bouligny 1847) La forma y dimensión del empaque era constante a fin de funcionar como un módulo que agilizara su acopio y traslado, ya fuera por vía terrestre o marítima. Asimismo, la estandarización de su forma y dimensiones facilitaba su colocación en los almacenes.

### Almacenaje

Por las características de la pólvora, el espacio destinado a su resguardo tenía que estar habilitado correctamente para garantizar tanto la conservación del material como la seguridad de la plaza. Precisamente los requerimientos distinguieron a estos almacenes de aquellos que acopiaban víveres u otros insumos y a su vez contribuyeron a definir la tipología presente en las obras del siglo XVIII. Los aspectos básicos por considerar en la construcción de los almacenes de pólvora fueron los siguientes:

a) Ubicación del almacén en zonas secas, seguras y accesibles para la guarnición.
b) Ambiente interior libre de humedad con circulación de aire que permitiera la adecuada ventilación del espacio.
c) Disposición adecuada de los empaques de pólvora, tanto para evitar la absorción de humedad procurando la circulación de aire entre los contenedores como para facilitar la carga y descarga de los contenedores.
d) Prevención de riesgos, ya que una explosión generaría daños a la fortificación, su guarnición y población de la plaza. El almacén tenía que quedar aislado y protegido a fin de evitar accidentes, descargas electroestáticas o el ataque del enemigo.

La respuesta a los requerimientos específicos del almacenaje fue consolidando a través de los diseños y especificaciones planteadas en los tratados, por lo que los testimonios de obras de almacenes reflejan la transferencia de saberes teóricos a la práctica constructiva.

## La tratadística

En los siglos XV y XVI la tratadística se enfocó en la configuración de la arquitectura abaluartada y, los almacenes, considerados obras civiles no fueron elementos abordados puntualmente hasta finales del siglo XVII cuando se incluyeron como temas específicos en los textos de Chafrión (1693) y Vauban (1693). La difusión de esos documentos impulsó la consolidación de la tipología y principios constructivos durante el siglo XVIII a través de los tratados de Bélidor (1729),

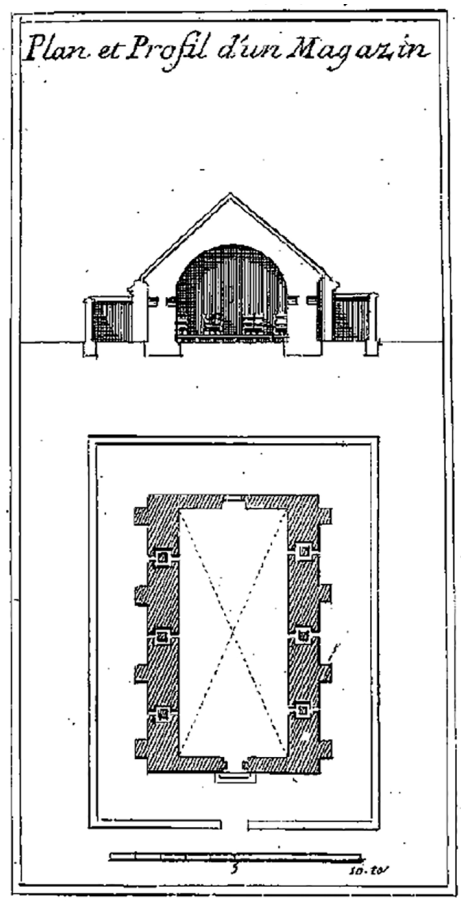



Figura 1
Plano y perfil del almacén de pólvora según el tratado de Vauban. (Vauban 1693, 193)

Fernández de Medrano (1735) y Pedro Lucuze (1772). En el siglo XIX hay tratados de pólvora y artillería que incluyen aspectos esenciales de la edificación de los almacenes de pólvora, como el de Tomás de Morla (1816) que muestra la permanencia de una tipología arquitectónica y el Tratado de Claudio del Fraxno y Joaquín de Bouligny (1847) que incluye aspectos importantes de su construcción. De esta manera, los almacenes de pólvora pasan de ser edificaciones de un carácter civil como cualquier local de acopio de material a ser reconocidos como obras accesorias en los sistemas de fortificación, con una tipología definida y abordados tanto por los tratados de arquitectura militar como por los de artillería.

El aporte de la tratadística a la historia de la construcción de los almacenes de pólvora se puede interpretar a partir de tres enfoques: tipología arquitectónica, soluciones a los requerimientos de uso y especificidad constructiva.

## Tipología arquitectónica

Los primeros almacenes de pólvora eran espacios de uno o dos niveles con bóvedas a prueba de bomba, en terraplén de muralla, baluartes o aislados. Estos locales muy similares a casamatas se fueron enriqueciendo con los textos de los ingenieros militares.

Tanto el tratado *Manière de fortifier selon la mèthode de Mr. de Vauvan: avec un traité preliminaire des principes de geométrie* (1693) como el tratado de José Chafrión *Escuela de Palas ò sea curso mathematico* (1693) integraron láminas con la representación arquitectónica del modelo base que prevalecerá hasta el siglo XIX: edificios de gran solidez compuestos por una nave rectangular de gruesos muros reforzados por estribos, una cubierta de bóveda a prueba de bomba con sobrecubierta a dos aguas y para asegurar el aislamiento se integraría un foso o cercado perimetral, de manera que nadie se pueda acercar a la puerta, respiraderos o ventana (Lucuze 1772, 90), e incluso se considera que la puerta de acceso de esa barda perimetral se ubique a otro costado de la del almacén (De Morla 1816, 118). Una variante en la tipología son los casos en que se agregaron garitas en dos vértices opuestos de la cerca perimetral para mayor vigilancia (figura 1).

Los almacenes grandes tendrán «dos puertas diametralmente opuestas, para verificar sin confusión la entrada de los operarios cargados y la salida de los destinados á relevarlos» (Del Fraxno y De Bouligny 1847, 215). Estos accesos se ubican en los muros transversales, procurando que la puerta principal de entrada se conecte a la plaza baja (Fernández 1735, 233). En los muros longitudinales del almacén se integra el sistema de ventilación resuelto con pequeños vanos y dados.

El modelo de Vauban es retomado por Bernard Forest de Bélidor en su tratado *La science des ingenieurs dans la conduite des travaux de fortification et d'architecture civile* (1729) en cuyo capítulo noveno reconoce que recupera el modelo de magasin de su predecesor Vauban, sin embargo, la aportación de

Bélidor es la integración de más alternativas a la solución estructura a partir del modelo base de Vauvan en donde aumenta el área de almacenaje con galerías dividas por columnas y propone diversos tipos de cubiertas de bóveda.

Sebastián Fernández de Medrano en su tratado *El arquitecto perfecto en el arte militar dividido en cinco libros,* (1735) describe las cualidades de los almacenes y explica: «…se deben hacer en parte seca doblados, de uno ó dos altos, para tener en ellos víveres, armas, pólvora, cuerda, granadas y artificios de fuego, y en lo baxo los demás pertrechos» (Fernández 1735, 233). Entonces la tipología podía dar continuidad al uso de dos niveles en los almacenes.

## Soluciones a los requerimientos de su uso

La ubicación se procuraba en lugares secos orientados a medio día o levante (De Morla 1816, 117), también cercanos a la muralla (Fernández 1735, 233) o dentro de los baluartes (Vauban 1693, 103) con acceso desde la plaza. Si la fortificación se localiza en zonas donde no hay «tierras suficientes para llenar el baluarte, se dexa vacío, que suele ser provechoso para situar un Almacen» (Lucuze 1772, 32). Es conveniente que los almacenes se encuentren cercanos a los cuarteles, para rápida disponibilidad del insumo, e incluso pueden ser varios distribuidos en el conjunto militar. En el caso de los repuestos o pertrechos al ser almacenes menores podrían considerarse dos en cada baluarte (Fernández, 1735).

Para mantener a los almacenes libres de humedad, se integraba un sistema de ventilación controlada en los muros, con una figura en zigzag con dados, lo que permitía una circulación de aire cruzada, evitaba el ingreso de otro cuerpo y disminuía el riesgo de que una posible chispa de fuego provocara una explosión. Particularmente Vauban destaca «Pour donner de l'air aux magasins, on fait des évents dans leurs gros murs, ce sont des especes de soupiraux, au milieau desquels il y a un dé de maconnerie pour empêcher qu'on ne jette du feu dans les munitions» (Vauban 1693, 192).

Por otra parte, para aislar la pólvora de los elementos arquitectónicos todos los tratadistas señalan la importancia de integrar plataformas separadas del piso y recubrimientos en muros y vanos como aislantes.

Aunado al sistema de ventilación y el aislamiento interior, se recomendaba verificar el ambiente interior en los días y en las estaciones más secas, así como colocar vasijas de gran superficie con delicuescente como cloruro de calcio o carbón para absorber la humedad. (Del Fraxno y De Bouligny 1847, 214)

En cuanto a la disposición de los empaques, el tratado de la Pólvora señala que hay dos métodos: inglés y francés. En el primero los barriles se ubican en estantes pegados a la pared y el método francés sugiere pilas de cajones para colocar la pólvora (Del Fraxno y De Bouligny 1847, 215). Si el almacén se divide en dos niveles, en ambos se colocaría la pólvora y se integraría una escalera interior que permitiera la movilidad cómoda con los empaques o bien como lo señalaba Fernández de Medrano, en un nivel la pólvora y en otro los pertrechos.

## Especificidad constructiva

Aunque el *Tratado de la teoría y fabricación de la pólvora en general, las piezas de artillería y los proyectiles de hierro* (Del Fraxno y De Bouligny 1847, 211) señala que la rápida explosión y colapso es una de las cualidades de los almacenes hechos de madera, por lo regular se prefería disminuir los riesgos con obras de mampostería y las especificaciones constructivas que aparecen en los tratados se refieren a obras de fábrica de piedra.

Fernández de Medrano propone que los almacenes tengan una dimensión de 16 a 20 pies por lado. Tanto los estribos como las bóvedas mitigarían la fuerza de una probable explosión, por lo que la búsqueda de solidez planteada desde la tipología se encuentra resuelta de esta manera.

La estructura se basa en muros de carga de 8 pies de espesor para los edificios menores y de 12 pies para los almacenes reales reforzados por estribos (Fernández 1735, 233). Si contienen dos o más galerías los apoyos aislados serían de base cuadrada de 7 a 8 pies por lado (Fernández 1735, 233). En el espesor de los muros se hacen varios respiraderos con un dado en medio. Además, para mantener libre de humedad la estructura, en los cimientos de mampostería se pueden colocar conductos de desagüe (Del Fraxno y De Bouligny 1847, 214) o bien, aislar con placas de cobre en el arranque de los muros, mismos que se forran por el interior hasta siete pies de altura,

con tableros separados del paramento cuatro o seis pulgadas. Esta separación se llena de carbón, sarmientos u otra materia que impida la comunicación de humedad (De Morla 1816, 118).

La estructura se cubre con bóvedas de 4 pies de grueso, 1 pie de relleno terrado y sobre de ello una estructura de madera y cubierta de teja (Fernández 1735, 233). En los casos en que los almacenes estén en terraplén de baluartes, también es importante considerar un buen relleno de tierra para evitar accidentes.

Al interior del almacén sobre el pavimento se coloca un entarimado separado del nivel de piso un pie (Lucuze 1772, 90) o dos, esta estructura se elabora con cuartones fuertes elevados apoyados sobre unos zócalos de piedra y sobre ellos se colocan las tablas aseguradas con clavijas de madera (De Morla 1816, 90), pues hay que recordar que cerca de la pólvora no pueden encontrarse elementos de hierro. Al igual que en el recubrimiento de muros, en la separación entre el pavimento inferior y el entarimado, De Morla sugiere rellenar el espacio con carbón. Sobre el entarimado se colocan polines para apoyar la colocación de barriles. El enrejado sobre el pavimento principal es para que por ahí caiga el polvorín que pueda producirse y que no conviene se halle expuesto al rozamiento continuado de las pisadas de los trabajadores y debe extraerse por partes del enrejado para limpiar el pavimento inferior (Del Fraxno y De Bouligny 1847, 215).

Las carpinterías de puertas y ventanas se recomiendan dobles, gruesas y bien ensambladas, cubiertas exteriormente con planchas de cobre e interiormente con pieles crudas de buey. (De Morla 1816, 118), aunque Lucuze señala planchas de hierro como recubrimiento para tomar precauciones contra el incendio (Lucuze 1772, 90) probablemente se refería al revestimiento exterior.

Como se ha señalado, era importante garantizar el aislamiento del almacén, por lo que un elemento que se integraba era un cercado o barda perimetral de obra de mampostería coronada con una estacada (De Morla 1816, 118) y para evitar accidentes por descargas naturales electrostáticas, se recomendaba la integración de pararrayos con una barra de hierro de 12 a 18 líneas de grueso (De Morla 1816, 121).

Como lo señalaba Vauban, la misma estructura se podría integrar en los almacenes enterrados en baluartes, solo que para este caso De Morla recomendaba incluir dos aberturas, una en la parte superior para entrar la pólvora y otra en la inferior para extraerla (De Morla 1816, 120).

## Almacenes de pólvora en Nueva España

### Primeras obras

Los almacenes de pólvora en Nueva España se construyeron conforme al desarrollo de la arquitectura militar abaluartada. En las edificaciones del siglo XVI, apenas hay mención sobre las áreas destinadas al acopio de pólvora y repuestos, generalmente en zonas cercanas a la ubicación de la artillería. En el siglo XVII, se encuentran mayores referencias sobre la existencia de almacenes específicos para tal uso, como el Baluarte de la Pólvora o San Felipe, hoy conocido como Santiago, uno de los dos primeros que conformarían la ciudad amurallada de la Nueva Veracruz, proyectados por el ingeniero militar Adrián Boot. El baluarte de planta heptagonal cuya construcción se realizó entre 1634 y 1635 presenta un caballero destinado a almacén de pólvora dividido en dos niveles de los cuales uno es subterráneo y otro en adarve (Hernández y Martínez 2019).

En el caso de la ciudad de Campeche, Calderón Quijano (1953) hace mención de que las edificaciones defensivas de San Benito, Santa Cruz y la Fuerza Vieja contaban con un almacén de pólvora en su interior. De acuerdo con la descripción que el escribano Melchor de la Rosa realizó en 1663 sobre el estado de las fortificaciones se distingue que las condiciones no eran óptimas y se destacan algunos datos de su construcción. La Fuerza Vieja o Principal tenía destechado el almacén de municiones y por acabar el pañol de la pólvora; San Benito, tenía el pañol de pólvora demolido por una explosión provocada en un reciente ataque; y, el reducto de la Santa Cruz prácticamente no presentaba el pañol para pólvora y almacén para municiones debido a que se encontraba destechado en su mayoría a causa de la pudrición de las maderas y el aljibe desvaído (AGI México 1006).

Con las descripciones de las primeras obras de almacenes de la Nueva Veracruz y Campeche, se concluye que como constante era edificaciones subterráneas, ya que al referirse a *pañol* se hace alusión a los

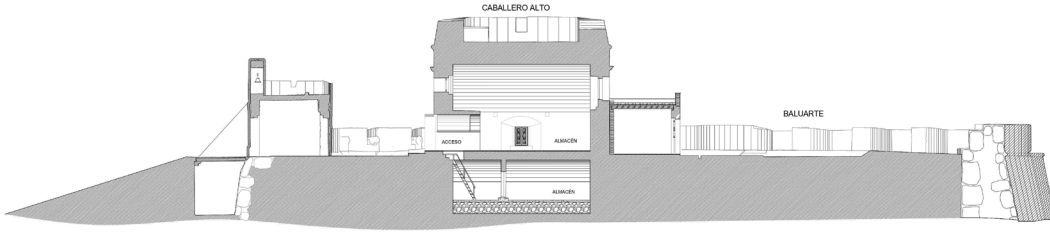



Figura 2
Sección del Baluarte de Santiago con su caballero alto y almacenes. Representación gráfica de la autora (2022)

compartimientos de guardado en las embarcaciones que se encuentran en la parte inferior a la cubierta. En el caso de Campeche, los almacenes presentan cubierta con estructura de madera y en Veracruz, aunque actualmente presenta una bóveda de cañón cubriendo cada nivel de almacenaje, la fábrica de ladrillo puede corresponder con una adecuación posterior al siglo XVII (figura 3).

No obstante, el caso de Veracruz resulta interesante porque el Baluarte de la Pólvora, actualmente llamado Baluarte de Santiago presenta elementos característicos de su uso, como son los respiraderos, la disposición de los espacios y vanos, el acceso doble. (figura 2 y figura 3) Así, a pesar de las alteraciones por adecuaciones a cambios de uso, el Baluarte de la Pólvora alude a las soluciones características de la escuela italiana de fortificación en donde los almacenes de pólvora se encontraban debajo de los caballeros.

Figura 3
Imagen con los respiraderos que se ubicaron en el muro y conducen la circulación de aire del almacén subterráneo al superior y hacia los muros laterales. Fotografía de la autora (2018)

## Consolidación de la tipología constructiva

En el siglo XVIII los proyectos y construcciones de almacenes de pólvora se presentan en base a tres soluciones generales:

Pequeñas áreas de almacenes y/o repuestos inmediatos a la artillería, siguiendo las premisas de Sebastián Fernández de Medrano y otros tratadistas ubican los almacenes en los flancos de baluartes, cercanos a casamatas, caballeros y baterías. En consecuencia, cada plaza defensiva contará con diversos almacenes de este tipo, dependiendo de la magnitud

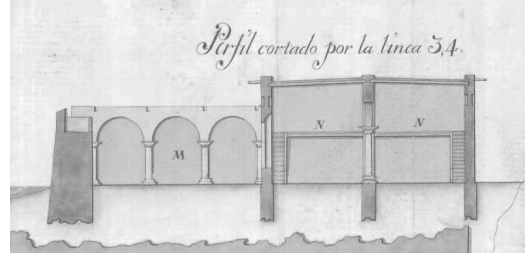



Figura 4
Fragmento del Plano y perfil y elevación del principal cuerpo de guardia y almacenes de pertrechos de guerra construidos en la plaza de Campeche (1788). Ing. Rafael Llobet. Fuente: Archivo General Militar de Madrid, MEX-18/16.

| Datación aproximada | Alcance | Descripción | Autor |
|---|---|---|---|
| 1758 | Obra | Almacén de pólvora a media legua al sureste de Campeche | No identificado |
| 1775 | Proyecto | Almacén de pólvora en Mérida | Juan de Dios González |
| 1777 | Obra | Dos almacenes de pólvora y un cuerpo de guardia a media legua de Perote. | Pedro Ponce |
| 1793 | Proyecto | Casamata del Real de Tepantitlán, Tetela del Río, Pue. | Juan Antonio Gutiérrez |
| 1798 | Proyecto | Almacén de pólvora en Bacalar | Rafael Llobet |
| Finales del siglo XVIII | Obra | Almacén en La Mira, cercano a Acapulco | No identificado |
| 1812 | Desconocido | Almacén situado en el ejido de San Antonio Abad | Miguel Constanzó |

Tabla 1
Almacenes de pólvora externos a las plazas fortificadas de la Nueva España. (Tabla de la autora, 2022)

o importancia del recinto fortificado. Los locales destinados a almacenes generalmente estaban construidos en planta rectangular o cuadrada, con mampostería y bóveda a prueba de bomba. En algunos casos se distinguen los respiraderos o la integración de plataformas. (figura 4)

Otra solución aplicada en Nueva España es la construcción de almacenes externos a las plazas fortificadas con clara referencia a la tipología de Vauban y Chafrión que se consolidó a lo largo del siglo XVIII a través de los tratadistas y las academias de fortificación. En Nueva España se tienen identificados pocos proyectos y construcciones (Tabla 1), no obstante, en los planos o testimonios existentes hay una clara identificación de la tipología. (figura 5 y figura 6).

Figura 5
Condiciones del almacén de pólvora ubicado en La Mira, Guerrero, antes de su rescate. (Wikimedia commons 2009)

La última solución se realiza en los baluartes de las fortalezas, aplicando básicamente la misma tipología consolidada en el siglo XVIII, con la diferencia de que el aislamiento será resuelto generalmente con el relleno de terraplén. Veracruz tiene ejemplos de la puesta en práctica del modelo de magasin que sigue el esquema integrado en el tratado de Vauban (Vauban 1693, 103).

En el sistema de fortificación veracruzano encontramos que en dos baluartes terraplenados de la Fortaleza de San Carlos de Perote se construyeron almacenes de pólvora. En un primer proyecto de 1771, Manuel de Santistevan propuso un almacén de planta rectangular que se reforzaba con dos estribos por lado y un respiradero en cada muro longitudinal, posteriormente ante el requerimiento de aumentar la capacidad de la fortaleza, el plano de 1777 integró un almacén alargado con tres estribos por lado y dos respiraderos por muro.

En la Fortaleza de San Juan de Ulúa, Santistevan también propuso un almacén sobre el baluarte de San Crispín, en la antigua sala de armas, a la que integraba sus respiraderos como se representó en un plano de 1772, sin embargo, no se realizó quizá por la situación de vulnerabilidad que generaba. Finalmente, Miguel del Corral, propuso en 1771 un fuerte para

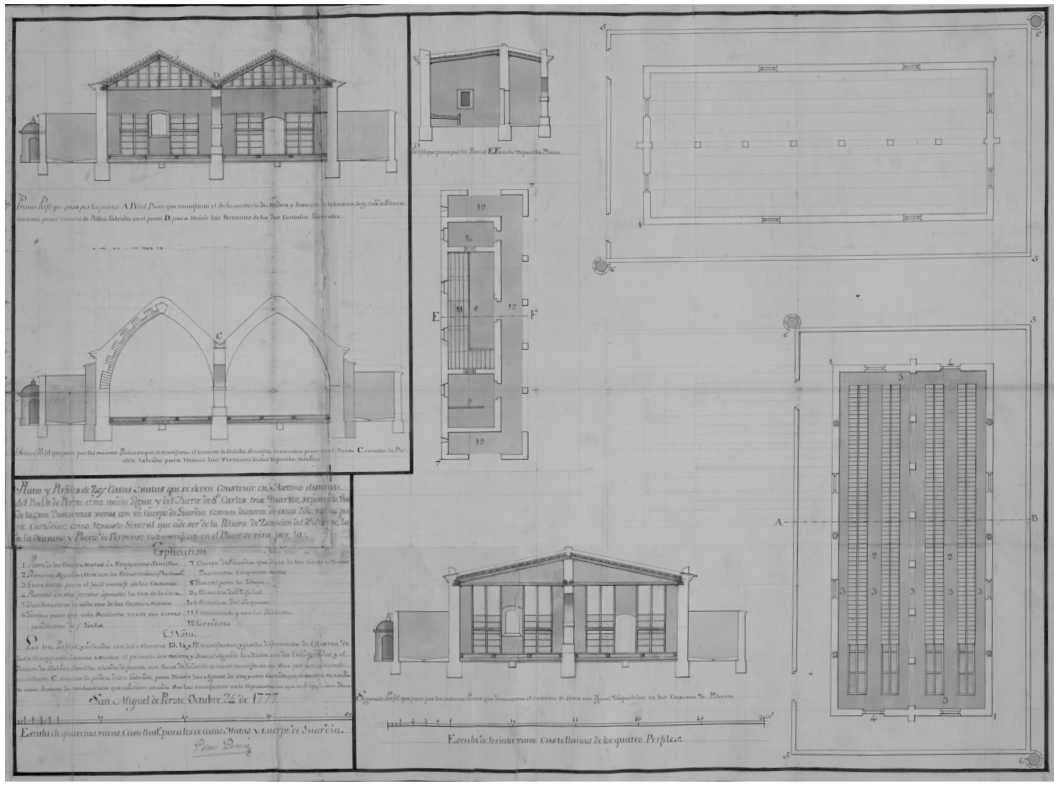


Figura 6
Plano de dos casamatas y un cuerpo de guardia a media legua de Perote (1777) Ing. Pedro Ponce. (AGN, MAPILU 3372)

Antón Lizardo al que integró una propuesta de almacén en terraplén de un baluarte. (figura 7)

## Características constructivas

La diversidad de fuentes de materiales en la Nueva España condujo a las particularidades de los almacenes de pólvora que lograron ejecutarse. Desafortunadamente la mayoría de los ejemplos han sido alterados y pocos testimonios permiten identificar sus técnicas constructivas. En la mayoría de los casos se reconoce el material de la región donde se desplantan, por ejemplo, los almacenes de La Mira, cercano al Fuerte de San Diego en Acapulco, hoy utilizados como espacio cultural, se distinguen por una fábrica a base de piedra caliza de la región de costa del Pacífico; en contraste, los almacenes cercanos a Perote se construyeron con toba riolítica y piedra basalto producto de los bancos del valle y faldas del Naucampatepetl.

No obstante, los documentos históricos son un referente importante para reconocer las singularidades constructivas de la Nueva España. El proyecto del ingeniero Rafael Llobet para almacenes de pólvora en Bacalar (1775) es un testimonio de la construcción de este tipo de obras en la región de Yucatán. El almacén se proyectó en planta rectangular compuesto por dos locales, uno para acopio de pólvora y otro para repuestos. En total se describe una obra de 519 varas cúbicas, en cuyos cálculos de materiales y rendimientos se destaca lo siguiente:

– Una vara cúbica de mampostería requiere de 105 piedras de las que comúnmente se utilizan en la región.

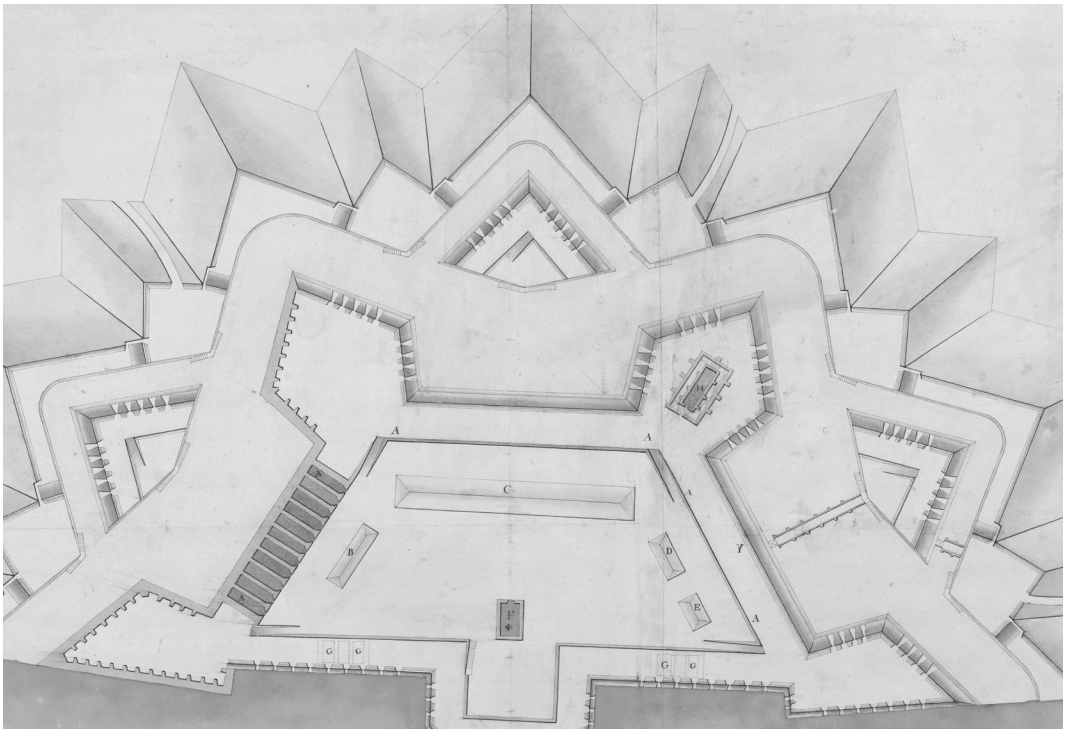



Figura 7
Proyecto que se propone para la punta de Antón Lizardo, fragmento del plano de 1771 por Miguel del Corral. (Archivo Cartográfico de Estudios Geográficos del Centro Geográfico del Ejército T.3-C.3-93)

- Por cada vara cúbica de mampostería se requieren tres cargas de cal.
- Una carga de cal alcanza para 95 varas cuadradas de revoco interior.
- El sahcab o tierra blanca (Cejudo 2019, 183) sustituye a la arena y se ocupa el doble de lo calculado de cal.
- Para la ejecución de torta de cal en suelo y azotea se considera que por cada vara cuadrada se requiere 1.5 cargas de cal.
- Para cubrir una superficie de 209 varas cuadradas se calcularon 76 rollizos de 6 varas, 12 soleras de 3 y 4 varas.
- En la ejecución de la obra, una cuadrilla de albañil y peón realiza una vara y media cúbica por jornal.

Otra fuente de datos sobre la construcción de los almacenes exentos lo encontramos en el reconocimiento del Ingeniero Juan de Dios del almacén de pólvora extramuros de Campeche, en donde señala que:

> … es una bóveda capaz de 700 quintales con sus respiraderos timbor interior, ventana y un segundo tablado con sus escaleras, muy guardado todo y seco, la puerta principal forrada toda de cobre le circula un timbor por lo exterior de mampostería, a proporcionada distancia de sus cuatro paredes, con competente altura, y en sus ángulos diametralmente opuestos dos garitas pentagonales que flanquean y ven las cuatro paredes de dicho timbor recíprocamente, con su puerta forrada de cuero, delante de la cual está un curioso, y llano asoleo para la pólvora a una pequeña distancia en otro montezuelo a la derecha más elevado que el primero, para custodia de la pólvora hay una Cuerpo de Guardia con su tablado y armamento y seguido a él, el cuarto del Oficial y ambas piezas tiene sus corredores delante para mayor desahogo de la guardia. Esta obra se construyó para sacar la pólvora de la plaza por los muchos rayos que caían en ella, como se

Figura 8
Almacén de pólvora de la Fortaleza de San Carlos con su bóveda colapsada y gran parte de su muro perdido por el impacto. Fotografía de la autora, 2019

> ejecutó, hoy está dentro y abandonado dicho almacén." (González 1766, incluido en Calderón 1753, 282)

La descripción de los componentes del almacén corresponde con los lineamientos señalados en los tratados, sobre todo para mantener ventilado el lugar y protegida la pólvora.

Por último, los testimonios del colapso de los almacenes de pólvora ubicados en los baluartes de la Fortaleza de San Carlos de Perote, también son una importante fuente de datos (figura 8). El levantamiento realizado a detalle en 2019 permitió plantear hipótesis sobre la composición de la estructura de la planta representada en los planos de Santistevan (figura 9). El almacén se encuentra cubierto por una bóveda a prueba de bomba con cantería blanca sobre muros de piedra basáltica. El almacén presenta un pasillo perimetral cubierto con bóvedas de cañón corrido con tres roscas de ladrillo (figura 10). Sobre las bóvedas se encuentran rellenos de tierra, finalmente sellados por el hormigón del adarve. En los muros longitudinales del almacén se identifican los testimonios de los respiraderos que con el colapso han perdido su dado (figura 11).

## Reflexión final

Los almacenes de pólvora han sido edificaciones vulnerables por su uso y desuso. Los valores arquitectónicos y constructivos que representan deben ser motivos suficientes para rescatar aquellos que se

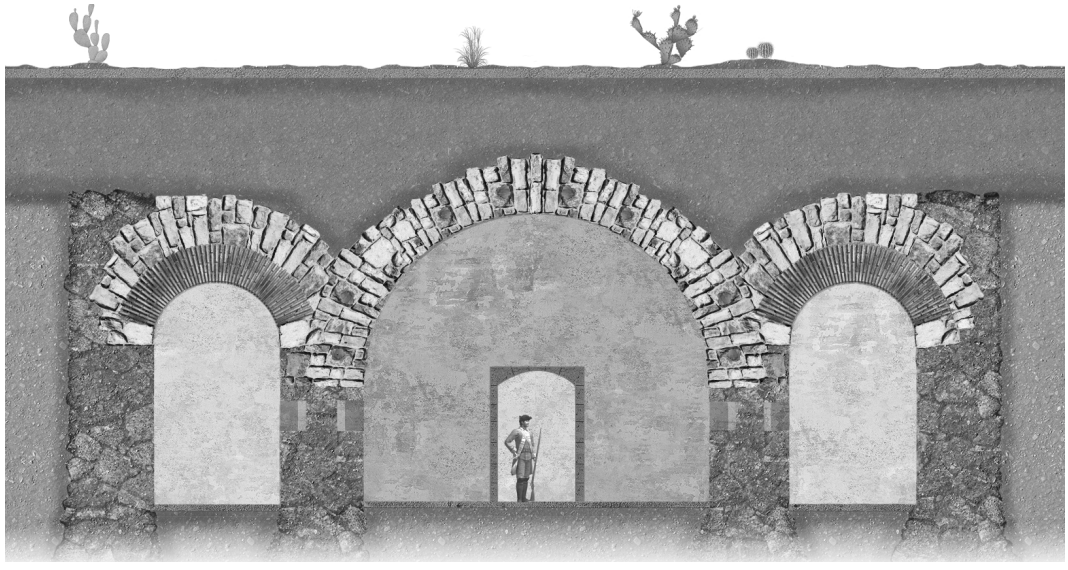


Figura 9
Representación hipotética de la conformación de las bóvedas en base a los testimonios registrados en sitio. Dibujo de Rogelio Salazar, 2019, para la autora.

Figura 10
En el pasillo perimetral al almacén de pólvora se observan el uso de piedra de basalto en muros y bóveda con cantería blanca y ladrillo. Fotografía de la autora, 2019

Figura 11
Testimonio del respiradero tipo dado. A pesar de la pérdida del dado, se conservan los morteros que definen la base cuadrada y la separación del muro, al fondo se observa la ventila al paño interior del almacén. Fotografía de la autora, 2019.

encuentran en proceso de pérdida. En Nueva España, hay una evidente aplicación de la tipología militar para los centros de acopio de pólvora, por lo que es importante profundizar sobre la documentación histórica y arquitectónica, a fin de proveer datos útiles que puedan servir a futuras intervenciones de rescate.

## Lista de referencias


Bélidor, B. F. 1729. *La science des ingénieurs dans la conduite des travaux de fortification et architecture civile*. Paris.

Calderón Quijano, J.A. 1953. *Fortificaciones en Nueva España*. Sevilla.

Cejudo Collera, M. 2019. Rafael Llobet y la terminación del sistema defensivo de la ciudad de Campeche. En *Actas del Tercer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción*, 175-186. Madrid: Instituto Juan de Herrera y UNAM.

Chafrión, J. 1693. *Escuela de Palas ò sea curso mathematico. Milán.*

De Morla, T. 1816. *Tratado de artillería para el uso de la Academia de Caballeros Cadetes del Real Cuerpo de Artillería*. Segovia.

Del Fraxno, C. y J. de Bouligny. 1847. *De la teoría y fabricación de la pólvora en general, las piezas de artillería y los proyectiles de hierro*. Segovia.

Fernández de Medrano, S. 1735. *El arquitecto perfecto en el arte militar dividido en cinco libros.* Amberes.

Gago Bohórquez y S. H. Mauskopf. 1981. *La producción de pólvora en la España de finales del siglo XVIII: informe inédito de L. Prosust (1754-1826) sobre dos métodos para fabricar pólvora ideados por el ingeniero francés J.F.C. Cossigny* (1730-1809) Doi: 10.4321/106172.

Hernández Aranda, J. y G. Martínez Aguilar. 2019. El baluarte de Santiago en la Ciudad de Veracruz: notas preliminares sobre su construcción y arquitectura. En *El patrimonio de los caminos fortificados*, editado por Universidad de Xalapa A.C., 211-236. Xalapa.

Lucuze, P. 1772. *Principios de fortificación que contienen las definiciones de los términos principales de las obras de Plaza, y de Campaña. Barcelona.*

Vauban, S.; Le Preste Marqués de. 1693. *Manière de fortifier selon la mèthode de Mr. de Vauvan: avec un traité preliminaire des principes de geométrie*. París.

Sánchez Gómez, J. 1985. Abastecimiento y desabastecimiento de pólvora en España en el siglo XVI. En *Studia histórica. Historia moderna* 3, 55-62.


### *Archivos consultados*


Archivo General de la Nación México

Archivo General de Indias

Archivo Cartográfico de Estudios Geográficos del Centro Geográfico del Ejército

Archivo Histórico Militar de Madrid

# Recuperando un conjunto excepcional de molienda. El plan director dels molíns del passiego

Ignacio Matoses Ortells

El conjunto dels Molins del Passiego se sitúa en la ciudad de Sueca (Valencia), en el ámbito de la periferia urbana, en la salida oeste de la ciudad.

El origen de su emplazamiento, en el que más adelante se abundará, se produjo a consecuencia del traslado del Molí Vell de la Vila, instalación de origen andalusí que se ubicaba en las inmediaciones del rio Júcar, junto al azud. El traslado se produjo a mitad del siglo XVI y pudo ser efectivo una vez construida la acequia Mayor. El nuevo emplazamiento aseguraba que los productos del cereal quedaran más protegidos en el entorno urbano, frente a crecidas del rio o riesgos derivados de actividades delictivas.

El conjunto de edificios e instalaciones del Molí del Passiego, catalogado como Bien de Relevancia Local (BRL), fue adquirido por el Ajuntament de Sueca en mayo de 2015 para su recuperación y rehabilitación con el objetivo de darle un uso público.

Tras la adquisición por parte del consistorio dels Molíns, los técnicos municipales estimaron que existía un riesgo inminente de degradación del estado del conjunto, por lo que urgía una rápida intervención de consolidación y restauración de los elementos más afectados.

Se encargaron tres proyectos urgentes de "Restauración del Molí del Passiego", con la intención de realizar una serie de actuaciones de consolidación y restauración de elementos estructurales y constructivos dañados. Una vez realizadas las intervenciones de estabilización del conjunto, se encuentra en fase de redacción el Plan Director del conjunto de los Molins del Passiego de Sueca.

## Antecedentes del conjunto de molienda

Tras la Reconquista cristiana, se tiene conocimiento de la existencia de tres molinos en el término de la población, siendo al menos uno harinero y otro arrocero. Ambos aprovechaban el estancamiento de aguas previo a los azudes y el desnivel construidos por los sarracenos en los meandros del río.

Más concretamente, en las donaciones del Rey Jaime I (Figura 1) tras el otorgamiento de la Carta Puebla, el 27 julio de 1249 otorga a Martín de Graus un horno de cocer pan en alquería de Sueca y dos casales de molinos en término de dicha alquería por la mitad franca sin gasto alguno por parte del Rey (Granell, 1905: 286).

El molino harinero se conocía como *Molí* del Figueral y estaba situado junto al río Xúquer, en la partida Marrada. El molino arrocero, que más tarde se conocerá como *Molí* Vell[1], se encontraba también junto al río, en el término de Vilella, en las inmediaciones del rio. A este respecto el Padre A. C. Burguera (1921: 194), relataba la existencia de los restos del molino islámico: «Unos gruesos muros, derruidos hasta enrasar con el camino, y, debajo de ellos, distínguese un grueso arco ojival de los de la primera época, de 4 metros de diámetro, el cual arco arranca de unos muros profundos. La construcción es solidísima, de buen ladrillo, aunque los entrepaños son de seguro tapial (...). En época suecano-árabe, y probablemente hasta el siglo XVI inclusive, emplazóse en tal sitio el molí vell, de descascarillar arroz.»

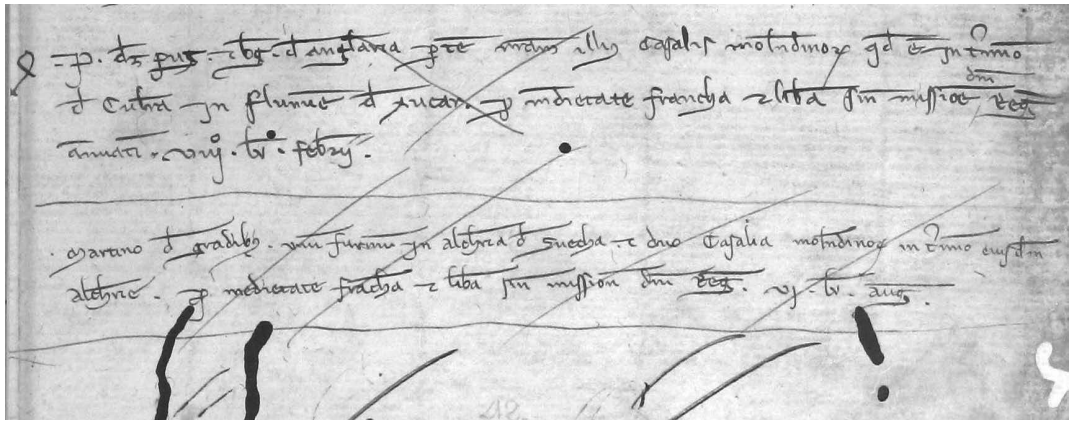


Figura 1
Archivo Real de la Corona de Aragón. Referencias a los dos molinos existentes en Sueca 1249

El otro molino, se situaría en el antiguo poblado de Ayello, actual partida de l´Ello, Cuando en 1319 la Orden de Montesa y Sant Jordi d´Alfama toma posesión del Lloc de Sueca, anteriormente controlado por la Orden del Hospital, «se comprueba en el libro de rentas y derechos la existencia de los tres caseríos de molinos, en los cuales la Orden tomaba la cuarta parte de la ganancia». (Granell, 1905: 356). Se trata de instalaciones de herencia andalusí, que continuarían su actividad con la nueva asignación de propiedades en época cristiana.

## De molino comunal a privado

El 14 de abril de 1550 se documenta la facultad otorgada por el Capítol General de la Orden de Montesa al Mestre para que pudiera dar licencia de construcción de un nuevo molino arrocero en el término de Sueca[2], justificada por el aumento de su vecindad y de la producción de arroz. El molino surgió a consecuencia de la finalización, en 1506, del nuevo cauce de irrigación derivado del Júcar, la acequia mayor, para situarse en el entorno más próximo de la población. Dicha situación favorecía el comercio y prestaba protección frente a las vicisitudes del río Júcar. Este artefacto, se conoció como *molí Nou* o *molí arroser de la Vila*, y aparece citado en 1571 en el *Llibre del regiment i administració*, en la aportación que hacía a los jurados de la villa su sobrestante, Juan Lledó[3]. Se trata del molino conservado más antiguo de la ciudad, ya que sus predecesores, el Molí del Figueral y el Molí Vell se asolaron.

El ilustre botánico Cabanilles (1797:190) aseveró que «habían 1.225 vecinos en Sueca, donde se recogían 400 cahíces de arroz», en pleno proceso de expansión, frente a los 4.500 de trigo, que seguía siendo el principal cultivo. Era este un momento de transformación agrícola de la población, donde los nuevos canales de irrigación favorecían la sustitución del cultivo de secano en humedal, iniciando la hegemonía del arroz en detrimento de cereales como el trigo o la cebada.

Durante el s. XIX determinados acontecimientos modificaron el régimen de explotación de la molinería, como la abolición de los señoríos y las sucesivas desamortizaciones. En Sueca tendrá especial trascendencia la venta en 1803 del señorío de la villa con las regalías disfrutadas por la Orden de Montesa a Manuel Godoy, próximo Duque de Sueca y de la Albufera. Quedarán posteriormente los molinos comunales sujetos al régimen de propiedad particular y en libre competencia con las nuevas instalaciones de molienda, lo que favoreció la implantación de nuevas instalaciones.

## Manuel Gómez y Gómez

D. Manuel Gómez y Gómez, conocido como el Passiego, provenía de una familia hacendada de origen forastero, oriunda de la val del Pas que se implantó en la villa y se dedicó a diversas actividades comerciales.

Nacido en Sueca en 1827, como relata J.A Carrasquer (2018:57), heredó de su padre Juan Antonio Gómez Oria la gestión de un patrimonio considerable. Dedicado al comercio de madera y de grano, controló la venta de guano del Perú de la familia Trénor, con quien más tarde emparentó.

Adquirió el conjunto de molinos de D. Santiago García el 11 de febrero de 1866 mediante compraventa a sus herederos, según escritura otorgada por el notario Gabriel Brusola Brian. La compraventa tal y como expone Carrasque, se escrituró por 770.000 reales. El conjunto (Figura 2) estaba formado por los dos molinos de la Vila, el arrocero o *molí* Nou y el harinero o *molí* Fariner, y por los molinos arroceros conocidos como de Iborra, que actualmente alberga la maquinaría y el de Vercher, que se situaba frente al de Iborra. Tras la adquisición de D. Manuel de los terrenos y molinos, se inicia el periodo de la reforma y modernización del complejo industrial, que consistió en diversas operaciones de ampliación y mejora de las instalaciones. El 24 de noviembre de 1906 tiene entrada en el Ayuntamiento de la ciudad de Sueca la solicitud de obras de reforma (Figura 3) de mayor calado sobre el conjunto de molienda, en la que D. Manuel solicita: «Que en el molino arrocero que posee, en esta población, situado hacia el extremo de la calle de la Virgen, tiene proyectado realizar importantes obras de reforma en todo el edificio, encaminadas unas a obtener el mejor resultado posible en la elaboración o blanqueo del arroz mediante el mejoramiento de la maquinaria y destinadas las demás a aumentar el aspecto y embellecimiento de sus fachadas.»

Amplió la edificación que alojaba la maquinaria de tratamiento del arroz, implementando novedosos artilugios y modernizando el proceso, con la sustitución de los rodeznos por turbinas hidráulicas. Construyó un nuevo edificio para la instalación de la maquinaria necesaria para sustituir la capacidad motriz de las turbinas hidráulicas en caso de necesidad. Construyó además la chimenea, que como se puede apreciar tanto en planos como en fotografías antiguas disponía de fuste, corona y pararrayos. Todas las reformas emprendidas propiciaron la modernización de la fábrica, favoreciendo que se destacara en la primera mitad del s. XX como uno de los centros de referencia en la venta del arroz blanco[4]. Afortunadamente el más antiguo de los edificios, el *molí Nou*, no sufrió grandes cambios pese a las profundas reformas del conjunto. Logró mantener su estructura original debido a que fue aprovechado para alojar dos trilladoras de la casa Domingómez, impulsadas por la instalación precedente.

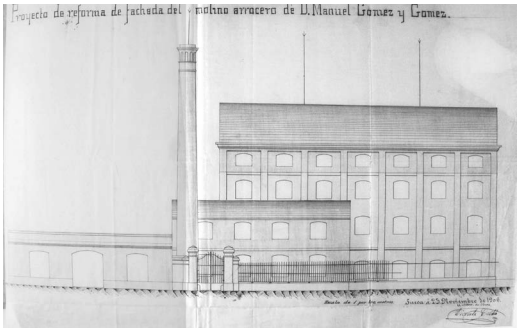



Figura 3
Alzado de la reforma del molino de Iborra, maestro de obras Vicente Cerdá, 1906. (Archivo municipal de Sueca, obras particulares)

Figura 2
Imagen aérea del conjunto de molinos. Abajo molí Nou de la Vila y al fondo el molí de Iborra. Foto I. Matoses

## Industrialización del *Molí d'Iborra*

El proceso de modernización emprendido por Manuel Gómez resultó excepcional. A diferencia de los molinos tradicionales, en el de Iborra se instalaron turbinas para mejorar la potencia de tracción del sistema.

La estacionalidad del flujo del agua de la acequia mayor, condicionada por las necesidades de los terrenos a la que sirve, y su irregular caudal, requirió la búsqueda de alternativas en la propulsión, cómo el empleo del sistema de rueda vertical en los nuevos molinos.

De hecho, los propietarios del Molino en 1954 –José Manuel y Juan Luis– Nietos de Manuel Gómez–, remitieron escrito a la Comunidad de regantes solicitando un ajuste en la cuota, argumentando: «teniendo en cuenta que durante el año escasamente trabajará el molino apenas un centenar de días sin que con ello se merme el caudal de la acequia mayor, ya que únicamente se aprovecha la energía o fuerza de su corriente como impulso motriz del artefacto».

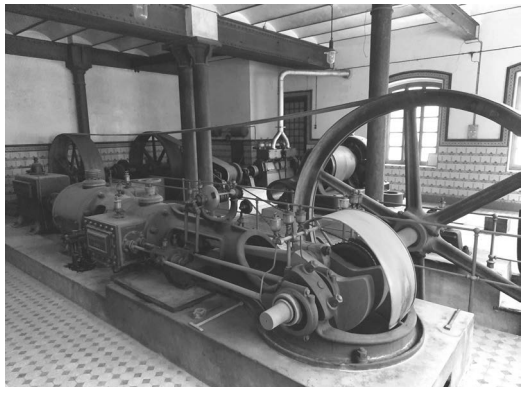
La fuerza hidráulica se empleó, en el *Molí d´Iborra*, a través de dos turbinas que mediante engranajes hacían rotar el árbol que accionaba la polea principal que, a su vez, accionaba el árbol de servicio a todos los procesos.

El sistema era de turbinas verticales, de la compañía ESCHER WYSS & CIE, compañía industrial de origen Suizo especializada en máquinas hidráulicas. Generaban 60 C.V de potencia, cada una con sus balsas correspondientes y salto de agua de dos metros y treinta centímetros.

Con carácter complementario al sistema hidráulico, se instaló una máquina de vapor, también de la marca ESCHER WYSS & CIE (Figura 4). La máquina consistía en un pistón impulsado por la presión del vapor de agua. Para ello se instaló un sistema de conducciones de agua con suficiente caudal para dar servicio a la maquinaria, con válvulas de corte y regulación. Para la producción del calor que debía trasformar el agua en vapor, inicialmente se sirvió de la chimenea industrial construida al efecto, con almacén de carbonera anexo. Con posterioridad, para mayor eficiencia en el consumo de carbón, se alojó una caldera de la marca TANGYE, prestigiosa compañía de Birmingham especializada en máquinas hidráulicas.

La ubicación de la nueva maquinaría requería la continuidad en el árbol de tracción, hecho que obligó a la apertura del muro de fachada en el nivel inferior apeándose con tres vigas IPE roblonadas que descansan sobre columna doble de fundición.

Además de la máquina de vapor, se instaló en la sala un alternador de la marca Siemens Shuckert Werke, compañía eléctrica alemana pionera en la transformación de la energía mecánica en eléctrica (Figura 5). La máquina instalada en el molino era capaz de generar aprovechando la rotación, impulsada por la fuerza del agua o por la máquina de vapor, una potencia de 100 K.W. Fuentes orales aseguran que este alternador fue utilizado en ocasiones para suministrar energía para algunas zonas del alumbrado público del municipio.



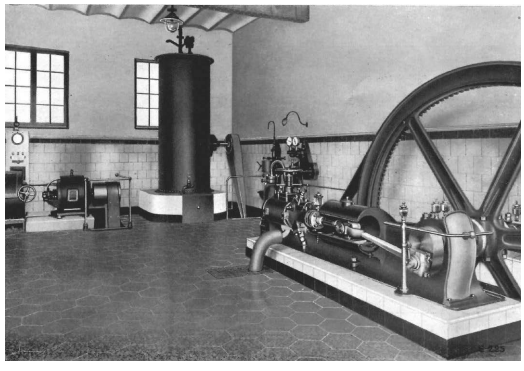


Figura 4
Arriba máquina de vapor del catálogo ESCHER WYSS. Abajo máquina instalada en el Molí. Foto I. Matoses

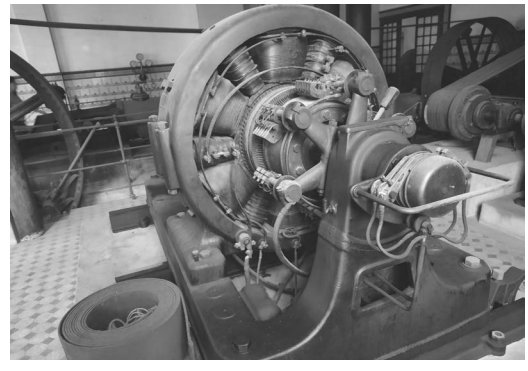


Figura 5
Alternador SIEMENS *Shuckert Werke* del Molino empleado para la generación de electricidad. Foto I. Matoses

## El molino tras Manuel Gómez

A principios del siglo XX, tras unos años de intensa actividad económica de don Manuel Gómez y Gómez, le sucede la muerte en 1909, cuando se hallaba reposando en el balneario de Vernet-les-Bains. Hasta entonces, había residido en su casa de la calle Valencia (Sueca), con su mujer Dolores Fos Cebolla. Con ella tuvo una prolífica descendencia: Manuel Ricardo (1861), Isabel (1862), Dolores (1864), Juan Antonio (1866), Consuelo (1868), Rosario (1872), Alfredo (1876), Francisco (1880) y María (1883).

Durante la Guerra Civil, el entonces conocido como Molino de Gómez fue incautado por la Federación de Sindical de Agricultores Arroceros. En 1939 aparece como titular del molino Francisco Gómez Fos. El benjamín de Manuel Gómez, se había casado en 1914 con María Trénor Despujol, hija del Conde de Vallesa de Mandor, cuyas familias habían entablado una gran amistad tras los negocios que desarrollaron.

La década de los 40 significó la consolidación de la explotación del molino, por parte de Francisco Gómez. En estos años no hubo grandes transformaciones del conjunto, como en el periodo liderado por su padre, sino una explotación comercial sólida, acompañada de las correspondientes actuaciones de mantenimiento del conjunto. En el año 1953 se produce el fallecimiento de Francisco Gómez Fos, iniciándose una nueva gestión del conjunto. La herencia de los molinos recayó en sus hijos José Manuel Gómez-Trénor y Juan Luis Gómez-Trénor.

En año 1961, se instaló en el Molino el último sistema de tracción que movió la maquinaria, el motor diésel. Se trata de un motor de la compañía sueca Bolinder, diseñado para la motorización náutica pero adaptado para el funcionamiento del molino (Figura 6). A través de sus 4 cilindros desarrollaba una potencia máxima de 100 C.V., si bien, no fue muy aprovechada, ya que el molino cesó su actividad poco tiempo después.

Figura 6
A la izquierda, motor diésel instalado en el molino. Foto I. Matoses. A la derecha, publicidad del mismo

## Conclusiones: hacia la recuperación del conjunto

El consistorio de Sueca adquirió el molino en el año 2015 de manos de Juan Luis Gómez Trénor y de los herederos de José Manuel Gómez Trénor, fallecido en 2009. El interés de los familiares era el de perpetuar la memoria de su antepasado don Manuel Gómez y Gómez.

Como hemos visto, se trata de un espacio que alberga buena parte de la historia referente a la elaboración del arroz del municipio, así como el singular proceso de industrialización que materializó Manuel Gómez y Gómez.

En la actualidad se está redactando el Plan Director del conjunto, que prevé su recuperación, con el fin de alojar en él actividades culturales relacionadas con la puesta en valor de sus elementos, así como el aprovechamiento de sus espacios para disfrute de su población y enaltecimiento de la ciudad.

Además de la adecuación de espacios museísticos, está previsto un programa de actuaciones que permitan albergar actividades relacionadas con la cultura del arroz, la riqueza gastronómica derivada de él, y su impulso y valorización.

Tras una fase de análisis y reflexión de la ingente cantidad de información obtenida fruto de la exhaustiva investigación, se propondrán las intervenciones necesarias para lograr la conservación del conjunto. De este modo, se obtendrá una visión global de las actuaciones que permitirá ordenar una estrategia coherente de recuperación y gestión.

## Notas

1. Existen en el *Arxiu* municipal de Sueca varios pergaminos que relacionan los molinos citados: 9 de abril de 1470, notario Sebastián Vilagenís; 25 abril de 1484, notario Francisco Benito de Veta; y 23 de enero de 1500, notario Miguel Trilles.
2. Pergamino del *Arxiu* municipal de Sueca de 14 de abril de 1550 del notario Sebastián Camacho.
3. *Llibre del regiment i administración dels jurats* de Sueca. *Arxiu* municipal de Sueca. Referencia a los molinos Nou, Vell y Fariner.
4. Debieron suponer sustanciales beneficios la actividad molinera, puesto que, en 1901, D. Manuel encargó al arquitecto recién titulado Francisco Mora un edificio de viviendas en la calle de la Paz número 31 de Valencia: la Casa Sagnier I, uno de los primeros ejemplos de modernismo en la ciudad, de influencia Gaudiniana.

## Lista de referencias


Benito Goerlich, D. 1992: La arquitectura del eclecticismo en Valencia: vertientes de la arquitectura valenciana entre 1875 y 1295. Valencia. Ayuntamiento de Valencia.

Burguera y Serrano, A.C. 2000: Historia Fundamental documentada de Sueca y sus alrededores. Sueca. Llibrería Sant Pere.

Cavanilles, A.J. 1797: Observaciones sobre la historia natural, geografía, agricultura, población y frutos del Reino de Valencia. Madrid. Imprenta Real.

Carrasquer, A. 2002: Cartografia històrica de Sueca. Sueca. A. Carrasquer.

Carrasquer, J.A, Matoses, I y Costa, A. 2018: El Molí del Passiego. Sueca. Falla Verge de Sales.

Ferri, A.S. 1983: Sueca 1881-1980. Sueca. Cooperativa del campo Unión Cristiana.

Furió, A., Lairón A. 2000. De la hidraulica Andalusí a la feudal: Continuïtat i ruptura. L´Horta del Cent a L´Alzira Medieval. Antoni Furió Luis Pablo Martínez. en L´Espai de l´aigua: xarxes i sistemes d´irrigació a la Ribera del Xúquer en la perspectiva històrica. Alzira. . Antoni Furió Aureliano Lairón eds

Glick, T., Guinot, E., Martinez, L.P. 2000. Els molins hidràulics valencians. Tecnología, història i context social. Valencia. Institució Alfons el Magnánim.

Granell, J.B. 1905. Historia de Sueca, desde los tiempos primitivos hasta el presente. Sueca.

Sucesor de R. Benedito.

Gómez-Senent, E. 2002. El arroz en Valencia. Valencia. UPV.

Maldonado, L., Rivera, D. y Vela, F. 2005. Los estudios preliminares en la restauración del patrimonio arquitectónico. Madrid. Mairea.

Martorell, J.2015. Descripció del molí del Pasiego. Sueca. No publicado.

Peris, T. 2014. Els molins d´aigua valencians. Valencia. Institució Alfons el Magnánim.

# Strutture proto-industriali lungo la valle del fiume aterno in Abruzzo

Claudio Mazzanti
Federico Bulfone Gransinigh

L'Aterno-Pescara è il principale corso fluviale della regione Abruzzo, nel Centro Italia; a partire dalle sorgenti sull'Appennino viene individuato come Aterno; nel suo percorso l'ambisce la città dell'Aquila per poi, in prossimità del centro urbano di Popoli, unirsi con le copiose acque delle sorgenti del Pescara, denominazione quest'ultima che a seguire caratterizza il fiume fino alla foce nel mare Adriatico presso la città di Pescara, la quale prende il nome proprio dal corso d'acqua.

La presente analisi si focalizza sulla Media Valle dell'Aterno, interamente inclusa nella Provincia de L'Aquila, nell'odierna divisione amministrativa; in tale zona l'orografia del territorio (Figura 1) ha, da tempi remoti, fortemente condizionato l'insediamento umano e, in particolare, lo sviluppo urbanistico dei piccoli centri abitati fortificati, di origine medievale, determinando le tipologie edilizie prevalenti: pochi grandi palazzi signorili risaltano nell'insieme delle residenze, non nettamente distinte dal contesto rurale, in un sistema omogeneo che si armonizza alle stalle, alle botteghe e alle antiche officine.

Fuori dai perimetri fortificati dei piccoli borghi, nel contado, in un passato non troppo lontano si svolgevano molteplici attività basate sullo sfruttamento delle risorse naturali (Serafini 2008b); varie tracce e segni testimoniano questo patrimonio di manufatti vernacolari, substrato di architetture rurali e proto-industriali che rappresentano un'imprescindibile memoria delle modalità insediative e delle tecniche del cantiere tradizionale abruzzese (Varagnoli 2008a). In tale contesto sono ancora oggi presenti mulini, concerie e segherie ad acqua o batti ferro (Calcagni, Di Loreto 2001, 18); talvolta questi impianti, come per altre tipologie edilizie in Abruzzo, possono essere riconosciuti soltanto per minime tracce del fabbricato originario, ma non mancano anche esempi perfettamente conservati (Varagnoli 2008b).

Il mulino ad acqua rappresentava una struttura indispensabile per l'economia dei feudi che, lungo tutto il corso dell'Aterno, ne controllavano le acque, amministrando l'uso delle strutture poste sulle rive del fiume.

I meccanismi che permettevano di macinare granaglie, castagne o altro si differenziavano in base alla posizione della ruota idraulica che li azionava; vi erano quelli a ruota orizzontale, o *retrecine* (De Amis, Fucetola 2007, 105), adatti a sfruttare portate d'acqua esigue, raramente copiose; un'alternativa si aveva con i mulini nei quali la ruota verticale veniva mossa dalla caduta dell'acqua, idonei ad un regime di portata costante com'è l'Aterno. Lungo il fiume, i vari complessi molitori o conciari tuttora riconoscibili possono essere ricondotti, con una percentuale più alta, alla tipologia basata sull'utilizzo delle ruote orizzontali, soprattutto nell'alta valle; al contrario, la presenza di strutture a meccanismo verticale aumenta tra la media e la bassa valle amiternina.

Nel tratto dell'asta fluviale presa in esame si ha notizia di circa un centinaio di stabilimenti, censiti o menzionati in testi storici. Risulta interessante notare come alcune rappresentazioni grafiche, dal XVI seco-

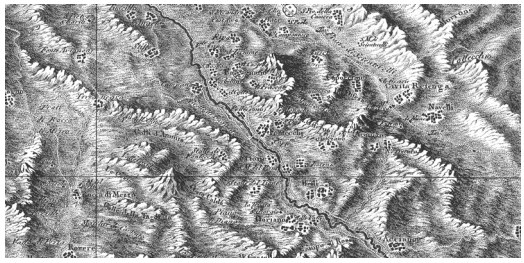


Figura 1
Giovanni Rizzi Zannoni, *Atlante geografico del Regno di Napoli*, f. 3, 1806, dettaglio della Media Valle dell'Aterno

lo in poi, riportino accuratamente la presenza di tali costruzioni, fondamentali per l'economia locale. La mappa de L'Aquila, disegnata da Girolamo Pico Fonticulano e poi incisa, con piccole modifiche, da Giacomo Lauro nel XVII secolo, mette in evidenza gli impianti posti attorno alla grande città indicando anche, come nel caso del mulino di Rosarolo, la forma della costruzione e il numero di bocche d'acqua (Figura 2).

Tali mulini erano, per lo più, realizzati su condotti di derivazione che captavano l'acqua del fiume, incanalandola a quote diverse, così da poter regolare l'energia necessaria per muovere gli ingranaggi della molitura. Lungo il tratto di fiume raffigurato nelle vedute precedentemente citate è possibile riconoscere, in particolare, tre mulini, oltre alla chiesetta di Santa Maria del Ponte. paragonando la rappresentazione storica con la cartografia attuale, possono essere riconosciuti dei segni che identificano la presenza di opifici dipendenti dalla forza motrice dell'acqua. Nella toponomastica locale esiste, per esempio, una strada denominata Colle Mulino, che nasce dalla biforcazione che dalla via principale, adiacente alle mura quasi in prossimità della fontana delle 99 cannelle, proseguendo quindi con un percorso pressoché parallelo al fiume, conducendo al luogo dove sorgeva un mulino.

Con l'ausilio della documentazione storica, pertanto, si può conoscere l'evoluzione, dal medioevo, degli opifici realizzati lungo tutto il principale asse fluviale abruzzese[1]; in particolare, per quelli sorti dal XVI al XVIII secolo rimane memoria nei catasti pre-onciari[2], onciari (Puato 1990, 77-85; Zenodocchio 1993)[3] e negli atti notarili conservati presso

Figura 2
Giacomo Lauro, *Città dell'Aquila*, 1600, dettaglio del territorio a sud-est della città, verso la valle dell'Aterno

l'Archivio di Stato de l'Aquila[4]. Nella media e bassa valle dell'Aterno vi sono gli esempi meglio conservati di questo patrimonio vernacolare, studiando i quali è possibile comprendere le tradizioni costruttive locali; a titolo di esempio, si può fare riferimento ai mulini e alle concerie di Acciano e Fontecchio; quest'ultima località, in particolare, merita uno studio maggiormente dettagliato.

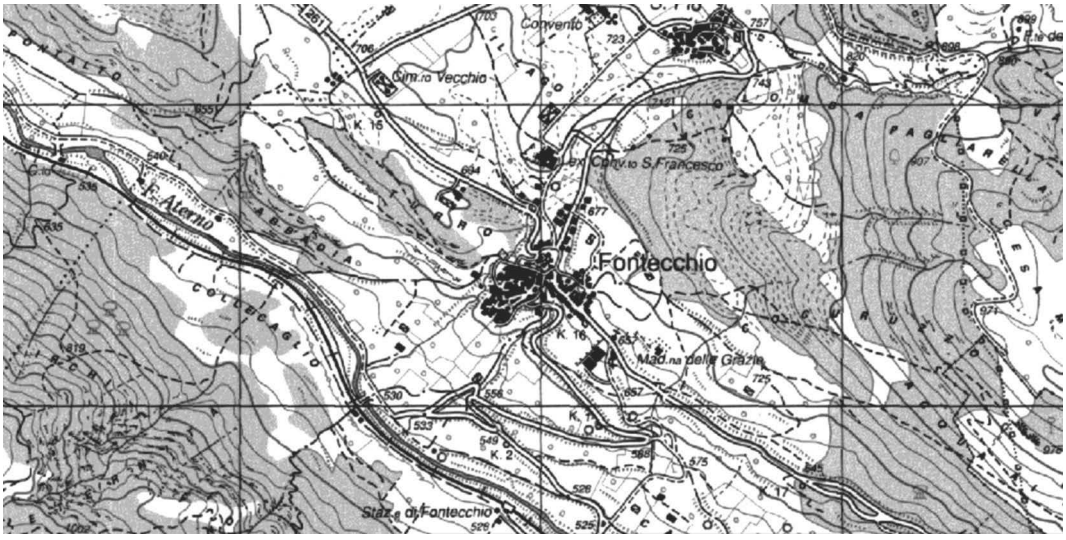



Figura 3
Carta Topografica IGM scala 1.25.000, dettaglio del centro abitato di Fontecchio e del territorio circostante

## Il borgo di Fontecchio: un caso studio

Fontecchio è un antico borgo che domina visivamente la Media valle dell'Aterno; si ha qui una visuale paesaggistica di notevole interesse, delimitata dal Massiccio del Sirente, estesa fino ai nuclei urbani di Campana, in direzione Nord-Ovest, e di Goriano Valli, verso Sud-Est. Altrettanto importante è la diretta comunicazione visiva con il paese di Tione, sul lato opposto del fiume Aterno, nonché con il vicino insediamento di Santa Maria del Ponte (Cacciavillani, Mazzanti 2013a, 145-146).

Dalle fonti storiche, in particolare gli scritti dell'Antinori, si ha la più antica notizia riguardante il borgo di Fontecchio, nella fase in cui apparteneva al vasto territorio di Valva (*seu* Balba): «*Nel 1145 a Gualtiero di Gentile Signor di castello teneva in Valva del Principato di Fontecchio feudo di due soldati a cavallo, vale a dire di circa 48 famiglie*» (Antinori 1781-1783).

Qui appare per la prima volta il nome di Fontecchio citato nel seguente modo: «E' scritto Fontervinum e pare correttamente, la circostanza in Balba de Principatu ( di Capua) determina per Fonticchio».

La fonte dell'Antinori è tratta dal Catalogo dei Baroni (*Catalogum Baronum*) redatto nel 1182 sotto re Guglielmo II della casa d'Altavilla.

L'insediamento è sulla sommità di un colle collocato a 668 metri sul livello del mare, orientato secondo un'asse Nord-Est ed in posizione dominante nell'ambito della Media Valle dell'Aterno. Il suo ultimo margine urbano si affaccia sul fiume con una spettacolare vista della compatta fascia boschiva del Sirente (Figura 3).

L'orografia del territorio ha fortemente condizionato nel corso del tempo lo sviluppo urbanistico della cittadina, determinando alcune tipologie costruttive prevalenti. Di grande interesse, in questo caso, risulta essere l'analisi delle gualchiere, strutture proto industriali presenti al di fuori del centro urbano consolidato, che sfruttavano l'energia idrica di un affluente del fiume Aterno. La loro presenza, principale attività produttiva del paese sino al XIX secolo, ha determinato la toponomastica locale, così che la zona viene tradizionalmente denominata "delle Concerie". Il complesso è caratterizzato da manufatti in pietrame e ciottoli sviluppati su due livelli; tale tipologia è tipica di queste strutture e la si ritrova anche in altre concerie e segherie presenti lungo l'intera vallata. Le gualchiere di Fontecchio possono assurgere, così, al requisito di prototipo da analizzare in relazione a questo tipo di costruzioni, diffusamente presenti nella valle fluviale (Figura 4).

Figura 4
Il complesso delle concerie di Fontecchio, prima dei recenti interventi di restauro

Nel nucleo storico di Fontecchio, di origine medievale, emerge il volume architettonico del palazzo Corvi-Muzi e le torri medievali; l'insieme è il risultato di un processo di costruzione eterogeneo, esito dei diversi eventi storici che hanno caratterizzato questa comunità (Battista 2004).

A causa dell'insufficienza di dati d'archivio e documenti storici attendibili circa il patrimonio edilizio di tale centro urbano e, più in generale, abruzzese[2], è necessario considerare anche aspetti secondari e apparentemente meno importanti[3], i quali tuttavia rappresentano la chiave per la sua conoscenza, in quanto espressione dell'antichità del costruito[4]. Di grande interesse, in generale, risulta essere l'analisi del paramento murario e soprattutto delle modifiche strutturali degli edifici, ampliamenti o elevazioni (Cacciavillani 2005, 1387). Questa conoscenza, fondamentale per quanto concerne l'edilizia storica, assume una rilevanza ancora maggiore alla luce della sismicità di questo territorio, storicamente nota (Serafini 2008a) e, di recente, ricordata dagli eventi sismici dell'aquilano, nel 2009, nonché del Centro Italia, nel 2016 e 2017: in tali occasioni, i fabbricati di Fontecchio, come quelli dell'intera vallata, sono stati danneggiati in varia misura, evidenziano le loro fragilità strutturali (Cacciavillani, Mazzanti 2013b, 1484-1485).

L'analisi morfologica del paese permette di determinare la conformazione e le diverse fasi di sviluppo dell'insediamento originario. Il centro urbano può essere suddiviso in quattro aree, differenti fra loro per caratteristiche formali e funzionali: quella che tuttora risulta essere la parte più importante coincide con il nucleo originario. Questa è la parte più nota di Fontecchio, situata sulla sommità di uno sperone roccioso semipianeggiante; l'edificato presenta un orientamento prevalente secondo l'asse Nord-Est ed è limitato dai ripidi pendii degradanti verso il fiume Aterno.

Figura 5
Palazzo Corvi-Muzi, fronte occidentale rivolto verso le sottostanti concerie

L'antico centro fortificato, in pianta, ha una forma quasi ellissoidale, con un'asse viario centrale che si sviluppa parallelamente al complesso del palazzo Corvi-Muzi precedentemente citato. Si tratta di un complesso di edifici, in passato appartenuti alle omonime famiglie dei Corvi e dei Muzi; l'insieme di queste architetture costituisce la grande residenza signorile situata nella parte più alta del nucleo urbano, coincidente con l'antica cittadella fortificata e in diretta relazione con l'impianto conciario (Figura 5).

Nella parte restante del nucleo più antico sono identificabili alcune tipologie edilizie fra cui quella delle case torri di epoca medievale con diversi esempi, variamente distribuiti nel centro storico e caratteristiche disuguali in base alla localizzazione. Quelle ubicate nel versante Nord-Est dell'abitato, prospicienti il pianoro posto fra il nucleo originario e un rione di più recente formazione, denominato Villadonica, risultano essere totalmente aggregate ad altre costruzioni, di epoca successiva rispetto ad esse; tut-

tavia sono riconoscibili, per caratteri estetici nonché tecnica costruttiva, e si distinguono per essere le più massicce dell'intero borgo. Un'altra casa torre notevole è quella che sporge dal fronte continuo della cortina muraria sul versante Sud-Est e conserva le peculiarità di tale tipologia, come i beccatelli ancora riconoscibili nella parte superiore.

Degne di nota sono le torri portaie, costruzioni che in origine avevano la duplice finalità di accesso e difesa del centro urbano (Bonanni 1888, 7-46): la principale, detta dell'Orologio o dei Santi, è localizzata sul versante Nord-Est del quale era originariamente l'unico ingresso al borgo; un'altra, sul lato opposto dell'abitato, era denominata Porta da Piedi e permetteva l'apertura verso la vallata sottostante, attualmente appare considerevolmente alterata rispetto alla propria conformazione originaria. Un ulteriore passaggio, tuttora esistente, è quello ricavato nella torre del Cornone, costruzione di ridotte dimensioni.

Una tipologia significativa è quella delle case bottega, tipiche dell'ultimo periodo di prosperità economica del borgo relativo al periodo angioino (1266-1442) in cui si diede impulso a commerci che oltrepassarono i confini locali coinvolgendo l'Abruzzo in un vasto mercato europeo. Questa tipologia è caratterizzata dall'avere l'ingresso sopraelevato rispetto alla quota stradale tramite uno o più gradini, un'apertura che funge da porta finestra, detta "a bandiera" oppure finestra "zoppa" il cui ingresso è sempre affiancato dal davanzale in pietra su cui venivano esposte le mercanzie in vendita e dall'uso dell'arco a sesto ribassato per l'arcata, posta su semplici piedritti lapidei. C'è un ulteriore livello inferiore, collegato tramite una scala lignea, destinato a magazzino. Probabilmente in Fontecchio ve ne erano in maggiore numero rispetto a quelle tuttora esistenti, molte delle quali sono menzionate nel 1739, in alcuni documenti del Catasto Onciario[5], nonché nel 1850 dal Mariani[6]. Nel manoscritto di quest'ultimo si fa riferimento anche ad altre zone, limitrofe al nucleo più antico; tra queste vi è la già ricordata zona di Villadonica, riparata dai venti e con un'ottima esposizione solare; probabilmente utilizzata prevalentemente per fini agricoli già in tempi remoti, costituiva un possedimento del signore del luogo, come suggerisce la medesima toponomastica: nel testo del Mariani, infatti, viene menzionata come Vigna Donica, termine derivante dalla locale variante dialettale *Donica*, probabile riferimento all'aggettivo *dom(i)nicus*, riconducibile al significato "del dominus, del signore "[7]. L'area di Villadonica si sviluppa attualmente lungo due arterie stradali, tra loro quasi parallele, che la attraversano per tutta la sua estensione: la prima è l'attuale Strada Statale 17 Subequana, che conduce all'insediamento religioso di Santa Maria del Ponte, leggermente distaccato dall'abitato, mentre quella più interna porta al complesso monastico, ora totalmente in rovina, dei Cappuccini.

Tra questa zona e il nucleo storico si riconosce un'area intermedia, con una grande piazza ed una tra le più antiche fontane d'Italia. Questo luogo, tradizionalmente libero da costruzioni, aveva una notevole importanza territoriale: qui defluivano le acque meteoriche, provenienti dalla località di San Pio e dalle montagne soprastanti, in alcuni periodi dell'anno particolarmente cospicue; da questo pianoro venivano convogliate in un canale idrico, chiamato Codacchio. Tale canale defluiva pressoché parallelamente al percorso che, prima della realizzazione della moderna viabilità, conduceva a L'Aquila; l'acqua veniva indirizzata verso un punto di raccolta, coincidente con un'ulteriore agglomerato, totalmente separato dal resto dell'abitato: è la già citata zona detta "delle Concerie" dove, anche per l'ulteriore presenza di abbondanti acque sorgive, è stato possibile lo sviluppo della produzione conciaria; questa, dal Medioevo al 1800, come ricordato dal Bonanni (Bonanni 1888, 7 e ss.), fu una delle principali attività del paese.

I manufatti edilizi in pietra dove si svolgevano le lavorazioni sono prevalentemente sviluppati su due livelli: il piano inferiore, nella maggior parte dei casi seminterrato o posto contro terra, con accesso e affaccio su un solo lato, è scarsamente illuminato a causa della dimensione estremamente ridotta delle finestre: la scarsa luce e l'aria satura delle esalazioni degli acidi della concia, senza un adeguato ricambio, rendevano le condizioni di lavoro estremamente disagiate. In questi locali, ancora oggi, si conservano le vasche lapidee dove venivano immersi i pellami, con i canaletti di adduzione e di scolo delle acque, nonché la grande cavità di contenimento di queste ultime. La parte superiore degli edifici era utilizzata per l'essiccazione delle pelli, differenziandosi pertanto per l'apertura di ampie finestrature che caratterizzano il prospetto, assumendo quasi l'aspetto di un loggiato.

Benché oggi poco evidente, esisteva comunque una stretta relazione tra il borgo fortificato e la zona delle concerie, ravvisabile soprattutto nel tratto della cortina

muraria sul versante Ovest che racchiudeva l'antico abitato; questo lato delle mura è orientato verso le concerie, primo avamposto del sistema urbano, presumibilmente presidiato dall'alto per la difesa dell'intero abitato.

## Strutture proto-industriali: tecniche, tipologie e funzioni

Dall'analisi dei paramenti murari delle strutture proto industriali ancora esistenti, tra le quali le concerie di Fontecchio, si evince che sono prevalentemente caratterizzati da un'apparecchiatura muraria non omogenea, con elementi lapidei recuperati dal letto del fiume; soltanto nelle strutture più importanti possono sono presenti inserti di pietre squadrate e lavorate, soprattutto per formare stipiti e architravi di porte e finestre. I ciottoli sono posti in corsi regolari con letti di malta anche di notevole spessore (Figura 6).

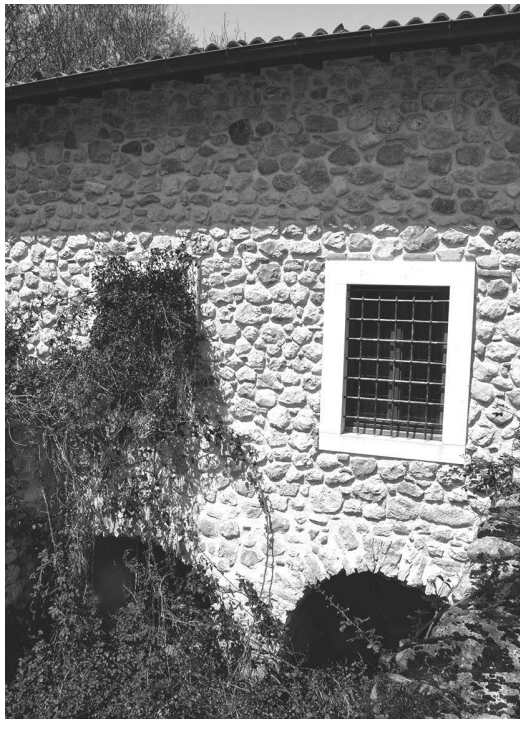


Figura 6
Conceria e mulino lungo l'Aterno, presso Campana, L'Aquila

L'orditura delle murature è sovente interrotta dalla presenza d'inserti lignei e di parti in laterizio soprattutto nelle costruzioni dal XVII secolo in poi. Le strutture di copertura sono composte da elementi lignei quali puntoni e arcarecci; minore è la presenza di capriate. Pur di epoche diverse, in tutti i mulini e concerie presenti lungo l'asse fluviale dell'Aterno, si riscontra una tecnica muraria pressoché identica dal medioevo al XIX secolo se si eccettuano i rari interventi con tiranti o piastre metalliche attuati, soprattutto, dalla seconda metà del XVIII secolo. Nelle concerie di Fontecchio, così come in alcuni mulini e segherie posti lungo la media valle dell'Aterno si possono individuare murature in pietra, realizzate prevalentemente dopo i terremoti del 1703 e del 1706, in cui compaiono frammenti di laterizi e tegole, frutto di reimpiego (Scalora, Monti 2010); pezzi di spessore maggiore, inoltre, sono utilizzati come zeppe per la definizione dei corsi di orizzontamento (Angelillo 2008, 213). La tipologia del mulino, in tutti i casi, si adegua e inserisce perfettamente nell'ambiente fluviale. Esempio del rapporto struttura-corso d'acqua è il mulino ancora presente nei pressi dell'eremo di San Venanzio, nel comune di Raiano (Barbato, Del Bufalo 1978, 261-262; Fucinese 2007). Di esso rimangono solamente dei resti. E' costituito da murature in ciottoli di fiume con letti di malta di notevole spessore (1-5 cm). La costruzione si trova lungo il versante destro dell'asse fluviale. Il complesso captava l'acqua a monte e, canalizzandola, la raccoglieva in una vasca; da questa con un salto di quota si riversava nel vano dove, grazie al suo impeto, l'acqua metteva in movimento il meccanismo delle mole. Dell'impianto originario sono ancora visibili il canale d'adduzione e lo sfiato del mulino, la vasca contenente l'acqua captata e un sistema di archi a tutto sesto a livello del fiume che identifica tre spazi rettangolari affiancati e coperti a volta, oltre ai resti delle murature perimetrali che s'innalzano sino oltre i due metri e mezzo d'altezza. Le murature di queste architetture, per la presenza di alti strati di malta e d'inerti quali elementi lignei, pur mantenendo una certa flessibilità, possiedono una bassa coesione fra i conci tale da causare un facile deperimento qualora la manutenzione venga meno. Esempi ulteriori di tali tipologie sono un esempio i numerosi mulini presenti nel tratto fra Acciano e il castello di Beffi. All'interno del territorio comunale di Acciano, infatti, si riscontrano interessanti esempi di queste,

purtroppo nella maggior parte in rudere. Proseguendo lungo il corso d'acqua da Acciano e sino ad arrivare al castello di Beffi s'individuano alcuni mulini, intervallati da ponti sia di epoca romana, come il ponte a due arcate al di sotto del castello, sia costruiti in epoche più recenti per il passaggio della ferrovia o della strada forestale. La tipologia dei mulini e delle concerie è del tutto identica; essi hanno murature in pietrame e ciottoli di fiume, canali di derivazione rivestiti in pietra e ancora, in certi casi, le fosse nelle quali l'acqua ricavata dall'Aterno veniva convogliata per far muovere le pale o per riempire le vasche di risciacquo dei pellami (Puato 1990; Zenodocchio 1993). Nell'Alta valle dell'Aterno, dopo Bazzano, proseguendo sull'attuale strada Statale 17 (Bernardi 1996), si giunge all'antica località di San Gregorio, fortemente colpita dal sisma del 2009. Quest'attuale frazione de l'Aquila è menzionata in alcuni documenti già nell'anno 864 per un livello stipulato fra Gualderamo di Forcona e l'abate di Farfa Pertone; la si trova citata come *Ecclesia S. Gregorii in Campo*, nel 1313, nell'elenco delle decime vescovili della diocesi della città de l'Aquila, fatta redigere dall'allora vescovo Filippo Adelchi (Zenodocchio 1991, 268-269). I limiti territoriali della diocesi de l'Aquila, Amiterno, Forcona e Valva furono tracciati in maniera precisa assieme al corso del fiume e a vari centri urbani e a esso legati, nella mappa allegata al testo *Difesa per la fedelissima città dell'Aquila contro le pretensioni dei Castelli* (Franchi 1752).

In questo territorio si ritrova tutt'oggi un mulino ancora attivo, colpito anch'esso dal sisma del 2009, ma restaurato; esso si trova in località San Gregorio, oggi comune de l'Aquila. Un sito molitorio doveva essere già presente nel XVI secolo essendo dato in affitto dai feudatari del luogo. Successivamente dalla fine dell'Ottocento divenne proprietà, a seguito dell'eversione della feudalità, della famiglia Pezzopane la quale ne cura ancora le strutture. Il complesso è interessante perché, in parte, nelle forme richiama la struttura che si analizzerà in seguito in località Molino Riolitto (Figura 7).

In un sobborgo de l'Aquila, a settentrione, in località Pile, si ha memoria di un'altra struttura che utilizzava l'acqua per la lavorazione, in questo caso, non di prodotti alimentari ma di fibre per la produzione della carta. La cartiera di Vetoio che è una delle più antiche e importanti dell'Abruzzo. Purtroppo oggi questa struttura è stata pesantemente rimaneggiata da restauri e interventi che l'hanno adattata a ristorante (Petrella 2013, 381). Prime notizie di questo opificio, posto fra l'Aterno e lo stesso affluente Vetoio, si hanno da un atto notarile del 1483 (Speranza 1974, 431). Quasi cento anni dopo, nel 1579, la cartiera divenne proprietà dei conti Angelini e nel 1770 fu data in gestione alla famiglia Vicentini, proprietaria anche di un'altra cartiera situata poco distante in località Tempera (Petrella 2013, 381). Nel secolo seguente questa struttura si attestò fra le prime del Regno delle Due Sicilie producendo carta che veniva esportata anche a Napoli. I primi anni del XX secolo videro però decadere la produzione a causa della carta importata dall'estero, meno costosa. Ugo Speranza ripropone, attraverso la lettura dei documenti d'archivio, la ricostruzione degli ambienti di questo complesso produttivo. Nel 1813 la cartiera risultava composta da vari laboratori, uno per la preparazione della carta, la valcheria a due pale, gli spanditoi, la camera della caldaia e quella dello stracciatoio (Speranza 1974, 435).

Figura 7
Struttura molitoria, ancora in funzione, in località Molino Riolitto, Barete, L'Aquila

Oltre l'Aquila, l'Aterno interseca la strada più volte transitando per i territori di Coppito e San Vittorino; lungo questo tragitto sono numerosi i mulini e le concerie nella maggior parte in stato di abbandono. Una struttura prettamente industriale può es-

Figura 8
Il complesso delle concerie di Fontecchio, recentemente restaurato

sere considerata quella delle fornaci Martini, realizzate nei primi anni del Novecento per la produzione dei laterizi. La struttura, imponente, è costituita da un corpo di fabbrica che costeggia il fiume per una lunghezza circa di 82 metri e ricopre un'area di circa 2500 metri quadrati (Zenodocchio 1993, 95). Questo edificio si attesta come un elemento in stretto dialogo con il fiume, il ponte di Bagno e la chiesa votiva dedicata alla Madonna che, assommati ad alcune case, danno luogo alla così detta contrada Martini. Accanto alla struttura industriale si trova lo stabilimento dell'Enel e altri ponti che permettono di valicare il fiume. Nell'Alta valle dell'Aterno si riscontrano, quindi, sia strutture industriali novecentesche sia mulini del tutto simili a quelle analizzate lungo la bassa e media valle dell'Aterno. Nel comune di Barete, in località Mulino Riolitto, è ancora in funzione uno dei pochi mulini ad acqua fondati su un piccolo affluente dell'Aterno; ha una struttura portante in muratura di pietrame e ciottoli e conserva le strutture originarie con volte in pietra sui tre canali di adduzione, sottostanti al piano del mulino. La copertura è a vista, con capriate, travetti secondari e tavelle in cotto. L'impianto della struttura si compone di due vani utilizzati per la macinazione e da un vano per la raccolta e stoccaggio della farina; sul retro si apre un porticato (Calcagni, Di Loreto 2001, 18).

L'analisi di queste strutture, negli anni modificate in base alle esigenze diverse, alla produzione e all'arrivo dell'energia elettrica che ha sostituito, in parte, l'acqua quale forza motrice delle pale e delle mole, si pone con un duplice fine nei confronti della storia di questi territori. Da un lato l'analisi e il censimento di strutture che oggi possono far comprendere, anche dall'analisi dei documenti d'archivio, l'importanza e l'uso dell'Aterno quale elemento principale da cui trarre l'acqua quale mezzo necessario per la movimentazione dei mulini o la lavorazione del ferro e di altri materiali; dall'altro l'analisi delle tecniche costruttive sia dei manufatti che contengono questi elementi di tecnologia sia delle stesse strutture. Questo fornirà dei mezzi per la conservazione di una memoria che ha caratterizzato e inciso in maniera indelebile le sponde del fiume, permettendo a monasteri, feudatari e popolazione di auto sostenere l'economia valliva. Sensibilizzare la popolazione verso questi esempi di architetture proto industriali o di archeologia, oramai, industriale, può essere una chiave di lettura della presenza incisiva dell'uomo lungo i secoli.

Come accaduto per altri monopoli sussistenti sino alla caduta della feudalità, l'esclusività della detenzione e costruzione dei mulini venne a cadere con l'avvento dei francesi e l'emanazione di leggi che intaccarono gli antichi privilegi. Fu, in questo caso, liberalizzata anche la costruzione dei mulini da parte di privati cittadini che, previa richiesta, potevano impiantare queste attività. Si vide, da questa data in poi, un proliferare delle strutture molitorie e conciarie ad acqua.

Molti dei mulini e delle concerie, purtroppo, sono in stato di rudere, ma in alcuni siti le strutture restaurate sono diventate meta di turismo, anche se non sempre accessibili al pubblico. Pochi mulini sono ancora in funzione, soprattutto nell'alta valle dell'Aterno. Le strutture proto-industriali divengono, quindi, un elemento da valorizzare che può creare indotti turistici e commerciali utili e necessari per la rivitalizzazione di queste aree interne dell'Abruzzo, lungamente abbandonate ed escluse dalle reti territoriali di maggiore importanza.

L'esempio delle concerie di Fontecchio, alla luce dei recenti interventi di restauro (Figura 8), diviene esemplare in tal senso per una corretta valorizzazione dell'architettura vernacolare amiternina.

## Notas

1. Lungo il fiume, in merito ad alcuni di questi manufatti, si sono ritrovate tracce approssimate e ruderi, constatando in certi casi anche la completa sparizione di ogni elemento che identificasse la costruzione non fosse altro, in alcuni casi, per la toponomastica.

2. A.S.A., *Catasti pre-onciari*, serie I, località di: Castelvecchio Subequo (comprendente le zone di Acciano e Molina), Fagnano, Fontecchio, Popoli, Raiano, San Demetrio, Scoppito, Villa Sant'Angelo e Vittorito.
3. A.S.A., *Catasti onciari*, serie II, località di: Barete, Bazzano, Beffi, Cagnano, Castelvecchio Subequo, Coppito, Fagnano, Fontecchio, Fossa, Montereale, Pizzoli, Sant'Eusanio, Scoppito, Stiffe e Vittorito.
4. Tutte le architetture sono state individuate, poi, sia sulle mappe redatte dal Ministero sia sulla cartografia all'1:25.000, grazie anche alle ricognizioni sul campo.
5. Archivio di Stato dell'Aquila, Onciario, n. 206, *Fontecchio*, 1739-1745, 378; Onciario, n. 207, *Fontecchio*, XVII, 335.
6. Biblioteca Provinciale dell'Aquila, E. Mariani, *Memorie istoriche della città dell'Aquila, mss. 1850,* vol. B.
7. Biblioteca Provinciale dell'Aquila, E. Mariani, *Memorie istoriche della città dell'Aquila, mss. 1850,* vol. B.

## Lista de referencias


Angelillo C. R.. 2008. La città di pietra: l'edilizia storica di Corfinio-Pentima. In La costruzione tradizionale in Abruzzo, a cura di C. Varagnoli, 209-238. Roma.

Barbato G., Del Bufalo A. 1978. L'Abruzzo e i centri storici della provincia dell'Aquila. Schedatura dei comuni e frazioni di interesse storico-artistico con bibliografia e cronologia degli Abruzzi da IV sec. a.C. al 1978, 261-262. L'Aquila.

Battista V. 2004. Fontecchio, immagini e narrati. L'Aquila.

Bernardi R. 1996. Rete viaria e ferroviaria in Italia: evoluzione e prospettive. In Geografia delle comunicazioni. Reti e strutture territoriali, a cura di C. Capineri, M. Tinacci Mossello, 263-279. Torino.

Bonanni, T. 1888. Le antiche industrie della provincie dell'Aquila. L'Aquila.

Cacciavillani C.A. 2005. La tecnica costruttiva nell'edilizia storica minore delle Comunità Montane in Abruzzo. In Atti del Seminario Internazionale Teoria e pratica del costruire: saperi, strumenti, modelli. Esperienze didattiche e di ricerca a confronto, 1385-1394. Ravenna.

Cacciavillani C.A., Mazzanti C. 2013a. The history of architecture and the built landscape. In Paysage et invention: évolution des enseignements dans un monde en transition, 145-150. Pontedera.

Cacciavillani C.A., Mazzanti C. 2013b. The historical urban centers in the Abruzzo Region (Italy) after the 2009 earthquake. In Proceedings of the International Conference on Changing Cities: Spatial, morphological, formal & socio-economic dimensions, 1482-1491. Thessaloniki (Greece).

Calcagni G., Di Loreto M. 2001. I mulini. L'Arte Minore lungo il fiume Aterno. Catalogo della Mostra, Castelvecchio Subequo 8-31 Agosto 2001, Corfinio.

De Amiis G., Fucetola F. a cura di. 2007. La fascia fluviale "lungo Aterno". L'Aquila.

Franchi C. 1752. Difesa per la fedelissima città dell'Aquila contro le pretensioni de' Castelli, Terre e Villaggi, che componeano l'antico Contado Aquilano. Napoli.

Fucinese D. V. 2007. Raiano e dintorni, l'immagine e la storia. Raiano.

Petrella G. 2013. "Archeologia dell'acqua all'Aquila e nel suo territorio. Tecnologia e sfruttamento delle costruzioni idrauliche per le attività artigianali". Archeologia Medievale, XL: 367-386.

Puato U. 1990. "La presenza di mulini nei catasti antichi della Provincia di Aquila". Bullettino della Deputazione Abruzzese di Storia Patria, LXXX: 77-85.

Scalora G., Monti G. 2010. La conservazione dei centri storici in zona sismica. Varese.

Serafini L. 2008a. Terremoti e architetture in Abruzzo. Gli espedienti antisismici del cantiere tradizionale. In Atlante delle tecniche costruttive della regione Abruzzo, a cura di C. Varagnoli, 231-240. Roma 2008.

Serafini L. 2008b. L'edilizia civile: borghi e case rurali. In Abruzzo da salvare, a cura di C. Varagnoli, 1:12-17. Villamagna.

Speranza U. 1974. "Notizie storiche sulle cartiere di Vetoio e di Tempera". Bullettino della Deputazione Abruzzese di Storia Patria, I: 429-490.

Varagnoli C. 2008a. La costruzione tradizionale in Abruzzo. Fonti materiali e tecniche costruttive dalla fine del Medioevo all'Ottocento. Roma.

Varagnoli C. 2008b. La rete del patrimonio architettonico in Abruzzo: costruzione, degrado, restauro. In Abruzzo da salvare, a cura di C. Varagnoli, 1:7-30. Villamagna.

Zenodocchio S. 1991. "Saggio di toponomastica forconese dai regesti di Farfa". Bullettino della Deputazione abruzzese di Storia Patria, 81: 268-269.

Zenodocchio S. 1993. L'attività molendina nella Valle dell'Aterno dalle origini al secolo XIV, 47-50. L'Aquila.

# El ferrocarril secundario de Lieres, en Asturias, ejemplo de infraestructura ferroviaria de 1901

Irene Méndez Manjón

El auge del ferrocarril en España durante el siglo XIX hizo que cada vez fuese mayor el número de infraestructuras ferroviarias construidas para el transporte tanto de mercancía como de viajeros. En el año 1837 entró en funcionamiento el ferrocarril que unía La Habana y Güines, en Cuba, que por aquel entonces era una colonia española (Castañeda 1946). Una década más tarde, se inauguró el primer ferrocarril en la península ibérica, que unía Barcelona y Mataró a través de un recorrido de 28 kilómetros (Utrera 2002).

El incremento de estas infraestructuras a lo largo del siglo XIX ocasionó la necesidad de crear una Ley que regulase las obras ferroviarias. Por ello, el 23 de noviembre de 1877, se aprobó la primera Ley de Ferrocarriles de España con la finalidad de fijar unos parámetros en la ejecución de las líneas ferroviarias, no solo durante la fase de construcción de la infraestructura, sino también durante todo el proceso de planificación e inspección de la obra (Gaceta de Madrid 1878).

El apogeo de este modo de transporte hizo que se comenzasen a planificar diversos trazados ferroviarios, y que muchos de ellos se empezasen a construir; sin embargo, la falta de subvenciones del Estado hizo que en muchos de ellos no se finalizase el trazado. En España, son varios los ejemplos de líneas ferroviarias no construidas. Un ejemplo de ello es el del ferrocarril entre Talavera de la Reina y Cáceres por Trujillo, en Extremadura, cuyo proyecto fue redactado en el año 1862 por Eusebio Page (Plasencia-Lozano 2017); otro ejemplo es el del proyecto del ferrocarril estratégico de Ciudad Rodrigo (Castilla y León) a Río Tajo (Extremadura), redactado en el año 1913 (Plasencia-Lozano 2021).

En el caso de Asturias, el primer Plan de Ferrocarriles Secundarios se redactó en el año 1904. En él se contemplaban varias propuestas de líneas ferroviarias, alguna de ellas en estudio, como la línea costera de Gijón a Ribadesella pasando por Tazones y Villaviciosa; y otras propuestas de conexión con León a través de puertos de Montaña como Tarna, en el sureste, y Leitariegos, en el suroccidente asturiano. Este Plan ya contemplaba el trazado de la línea ferroviaria desde San Martín del Rey Aurelio hasta El Musel (Gijón) pasando por Lieres, que había surgido como respuesta a la necesidad de dar salida al carbón obtenido en el valle minero a través del mar. Esta línea en el año 1904 estaba en construcción, pero finalmente no se pudo finalizar la obra por insuficiencia de fondos.

El presente artículo analiza algunos de los aspectos constructivos del trazado de ferrocarril proyectado en la provincia de Asturias en el año 1901 para la línea de ancho métrico desde San Martín del Rey Aurelio hasta Gijón. Concretamente, el texto se centra en el tramo entre el valle del Río Nalón (San Martín del Rey Aurelio) y la parroquia de Lieres (concejo de

Siero), analizando la historia del proyecto de la línea planteada y las infraestructuras necesarias para la ejecución de un trazado que cumpliese las pendientes mínimas para asegurar el correcto funcionamiento del servicio.

## El ferrocarril en Asturias

Los primeros ferrocarriles en Asturias se construyeron en el ámbito de la minería con el fin de transportar el carbón desde el interior hacia los cargaderos y la bocamina. En aquella época, eran medios de transporte muy sencillos que consistían en dos carriles equidistantes por los que circulaban vagonetas arrastradas por animales o personas (Moreno 2018). En la década de 1830, en la explotación de carbón de Arnáu (en el concejo asturiano de Castrillón), se instaló el primer ferrocarril español del que se tiene constancia, cuyo sistema era similar al patentado en el año 1820 por el ingeniero británico John Birkinshaw. Este modelo fue pionero en la época ya que, hasta este momento, los sistemas ferroviarios utilizaban raíles de madera. La idea de Birkinshaw fue sustituir la madera por hierro forjado para incrementar la capacidad de soporte de carga (Simpkin & Marshall 1835).

En el año 1852, se inauguró el ferrocarril de Langreo, que se convirtió en el primer ferrocarril asturiano de uso público, con el objetivo principal de conectar el valle minero del río Nalón con el Puerto de Gijón para dar salida al mineral. Esta línea ferroviaria fue la tercera con tracción de vapor en la península ibérica y la primera de carácter industrial (Sitjà 2006). El éxito de este proyecto fomentó la expansión del ferrocarril como modo de transporte en Asturias, y el 23 de julio de 1874 se inauguraba oficialmente la línea de ancho ibérico que conectaba Gijón con la localidad asturiana de Pola de Lena; sin embargo, la orografía asturiana no favorecía la conexión de la provincia con la meseta, y aún había falta de decisión a la hora de abordar la conexión por el Puerto de Pajares.

Diez años más tarde, el 15 de agosto de 1884, se inauguró la conexión con la meseta a través del Puerto de Pajares, una de las obras más difíciles de la ingeniería española que había costado millones de pesetas y la vida de numerosos trabajadores.

En el año 1888, el ingeniero Jerónimo Ibrán creó la Compañía de Ferrocarriles Económicos de Asturias, con la que se pretendía construir y explotar una línea de ancho métrico que conectase el centro de Asturias con el oriente de la región. Así, en noviembre de 1891 se inauguró el tramo inicial de Oviedo a Infiesto.

Más adelante, en el año 1892, se concedía al ingeniero D. Enrique Borrell, la construcción de un ferrocarril de vía estrecha que conectase la parroquia asturiana de Lieres (en el concejo de Siero) con el puerto del Musel, ampliando la ya existente línea Oviedo – Infiesto con un ramal de conexión con Gijón (Gaceta de Madrid 1892).

La Real Orden del 8 de agosto de 1904 obligaba a cada provincia a la creación de un Plan de Ferrocarriles Secundarios si se quería optar a subvenciones del Estado. Este Plan, debía ser elaborado por el

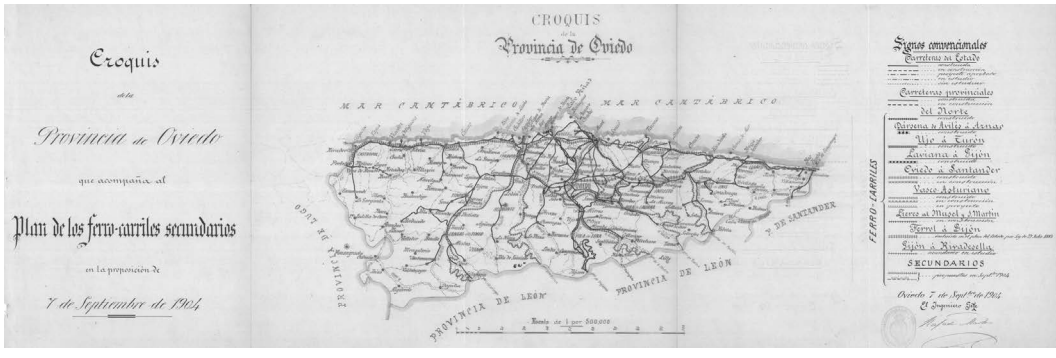



Figura 1
Croquis del Plan de los Ferrocarriles Secundarios de la Provincia de Oviedo

Ingeniero jefe del Servicio de Obras Públicas de cada provincia en un plazo inferior a treinta días desde la publicación de dicha Real Orden, e incluir una propuesta de los ferrocarriles que, a su juicio, deban construirse en el territorio de su provincia (Gaceta de Madrid 1904). De este modo, el 7 de septiembre de ese mismo año, el ingeniero de Caminos, Canales y Puertos Rafael Martí publicó el Plan de Ferrocarriles Secundarios de la Provincia de Oviedo. Este plan, cuyo croquis se muestra en la Figura 1, fue la cuna de la red ferroviaria del Principado de Asturias.

El 20 de julio de 1905 se culminó la red ferroviaria cantábrica al inaugurarse el recorrido ferroviario entre Oviedo y Llanes, que desde ahí partía a Santander conectando la capital asturiana con la cántabra, que a su vez partía hacia el País Vasco.

Desde entonces, la expansión ferroviaria en Asturias no fue tan visible y se basó en una mejora de los recorridos mediante, entre otros, la electrificación de la red y la supresión de planos inclinados para optimizar el servicio.

En el año 1941 se instaló en Asturias la empresa Red Nacional de Ferrocarriles Españoles (RENFE) con la finalidad de explotar las líneas ferroviarias de ancho ibérico, que es la principal empresa de transporte ferroviario en España hoy en día.

## Sociedad del Ferrocarril

A finales del siglo XIX, se aprobaba la Ley del 15 de julio de 1892 que otorgaba al ingeniero D. Enrique Borrell, sin ningún tipo de subvención del Estado, la concesión de un ferrocarril de vía estrecha que conectase la parroquia asturiana de Lieres (en el concejo de Siero) con el puerto de El Musel, ampliando la ya existente línea Oviedo – Infiesto con un ramal de conexión con Gijón (Gaceta de Madrid 1892).

Unos años más tarde, la Ley del 8 de febrero de 1901 otorgaba, sin ninguna subvención de Estado, la concesión y explotación de un servicio ferroviario y de uso público que conectaría el concejo de San Martín del Rey Aurelio, en el valle minero, con Lieres, incorporando además dos ramales a las parroquias de Santa Ana, en el concejo de Langreo, y Rozadas, en el concejo de Bimenes (Gaceta de Madrid 1901).

Este permiso se concedió a la sociedad Crédito Industrial Gijonés, una entidad creada en el año 1900 con el fin de fomentar el desarrollo industrial en la ciudad de Gijón.

El 8 de junio de 1901, se creó la sociedad anónima «Compañía de Ferrocarriles de San Martín-Lieres-Gijón-El Muse» con el propósito de explotar y construir los ferrocarriles desde Lieres hasta San Martín del Rey Aurelio y hasta Gijón (Antuña 2003). Más adelante, ese mismo año, la Sociedad Crédito Industrial Gijonés realizó un expediente transfiriendo todos sus derechos sobre la concesión de este ferrocarril a la Compañía de Ferrocarriles de San Martín – Lieres – Gijón – El Musel. Esta transferencia se realizaría sujetándose a la mencionada Ley especial de 8 de febrero de 1901; es decir, al proyecto y pliego de condiciones aprobados inicialmente. Asimismo, se tendría que sujetar a la Ley de Ferrocarriles de 23 de noviembre de 1877 y a la instrucción dictada por el Ministerio de Hacienda el 24 de septiembre de 1896 en lo que refiere al pago de derechos del material, que era competencia de la Compañía concesionaria durante la construcción de la vía.

En el año 1902 la Compañía de Ferrocarriles de San Martín – Lieres – Gijón – El Musel estaba completamente constituida, y desarrolló el proyecto que, partiendo de Sotrondio (San Martín del Rey Aurelio), atravesaba el río Nalón dirigirse hacia la costa asturiana atravesando los concejos de Bimenes, Sariego, Siero y Gijón, finalizando su trazado en el puerto de El Musel.

Las obras comenzaron, pero en el año 1910 varios contratistas pusieron demandas contra la compañía por impagos y ésta comenzó a acumular deudas. Para hacer frente a estas deudas se embargaron algunos bienes de la compañía como locomotoras y carriles, y la situación económica de la Sociedad continuó deteriorándose. Finalmente, en el año 1916 declaró en quiebra la Sociedad.

En el año 1922 caducó la concesión de esta línea ferroviaria y, tal y como estipulaba la Ley, salió a subasta la obra de la línea y los materiales recibidos hasta la fecha (Gaceta de Madrid 1923).

## El proyecto

El proyecto planteado para el trazado de ferrocarril desde San Martín del Rey Aurelio hasta El Musel suponía la construcción de un trazado continuo que se debía ajustar a la orografía del entorno para cumplir las pendientes mínimas aceptadas por el ferro-

carril. Para ello, era necesaria la construcción de una serie de infraestructuras que salvasen valles y ríos permitiendo mantener una calidad de servicio adecuada. El trazado planteado tenía una longitud total de 50 kilómetros y partía de la Vega del Serrallo, en la localidad de Sotrondio, en el concejo de San Martín, para cruzar el río Nalón y recorrer el valle de la Hueria de Carrocera, aún en el mismo concejo. A continuación, el trazado se adentraba en el concejo de Bimenes, en el que salvaba el viaducto de La Vara, para posteriormente entrar en el concejo de Siero a través de la parroquia de Reanes, en Lieres. Desde ahí se dirigía hacia el norte llegando al concejo de Gijón e introducirse en El Musel por el lado sur del muelle de Ribera, que fue construido en la misma época con el fin de exportar carbón (Suárez 2006).

La presente investigación se focaliza en el tramo desde Sotrondio hasta Lieres, haciendo hincapié en el proceso constructivo de los dos puentes planteados en este itinerario. Concretamente, destacan dos construcciones fundamentales a la hora de salvar cauces de agua: un puente ferroviario sobre el río Nalón, en San Martín, y el viaducto de La Vara, en el concejo de Bimenes.

## Puente de 12 metros sobre el río Nalón

El trazado planteado para la línea ferroviaria de San Martín del Rey Aurelio a Lieres partía de la localidad de Sotrondio, al margen sur del Río Nalón, con dirección al valle de la Hueria de Carrocera, en el margen norte del Río Nalón, para finalmente dirigirse hacia Lieres y Gijón. El cruce sobre el río Nalón estaba planteado a la altura del barrio de El Coto, en el concejo de San Martín del Rey Aurelio, a través de un puente metálico de casi 13 metros de longitud.

### Instrucción de 25 de mayo de 1902

El 25 de mayo de 1902 se publicó la Instrucción para redactar los proyectos de puentes metálicos, que regula los parámetros de diseño mínimos que deben de cumplir este tipo de estructuras. Esta instrucción determinaba, entre otros, las dimensiones de cálculo de una locomotora y de un vagón tipo. La Tabla 1 muestra las dimensiones de los vehículos que han de ser utilizadas de referencia para cualquier cálculo estructural en un puente metálico para ferrocarriles de ancho métrico (Gaceta de Madrid 1902). Para el cálculo de los momentos a flexión del puente sobre el río Nalón, la sobrecarga de uso debida a material móvil se componía de dos locomotoras de 4 ejes, orientadas en sentido contrario y seguidas de una serie indefinida de vagones.

| | Locomotora | Vagón |
|---|---|---|
| Número de ejes | 4 | 2 |
| Carga en cada eje | 9 t | 8 t |
| Peso total | 36 t | 16 t |
| Distancia del extremo anterior al primer eje | 2,50 m | 1,50 m |
| Distancia entre ejes | 1 m | 3 m |
| Distancia del último eje al extremo posterior | 2 m | 1,50 m |
| Longitud total | 7,50 m | 6 m |

Tabla 1
Dimensiones de la sobrecarga de uso para obras de ferrocarriles de ancho métrico (Gaceta de Madrid 1902)

Para el cálculo de cada sección, se suponía situado el tren en la posición que corresponde al momento de flexión máximo en la sección considerada (Ministerio de Fomento 1904).

Por otro lado, en referencia a los cálculos de los esfuerzos cortantes, se estimaba un tren tipo con los mismos vehículos, aunque modificando la posición de las locomotoras; es decir, con dos locomotoras a la cabeza, orientadas en el mismo sentido.

Además, en puentes con vanos menores de 20 metros, como es el caso del puente sobre el río Nalón, se debía considerar un suplemento de carga para tener en cuenta las acciones dinámicas. De este modo, se mayoraban todas las cargas anteriormente calculadas en un porcentaje dado por la siguiente expresión:

$$1{,}30\ (20-x)$$

Siendo $x$ la longitud del puente.

## Estructura

El proyecto del puente metálico sobre el río Nalón plantea la construcción de una estructura de vigas, con tablero superior, basada en montantes y cruces de San Andrés. La figura 2 muestra el alzado de la estructura proyectada.

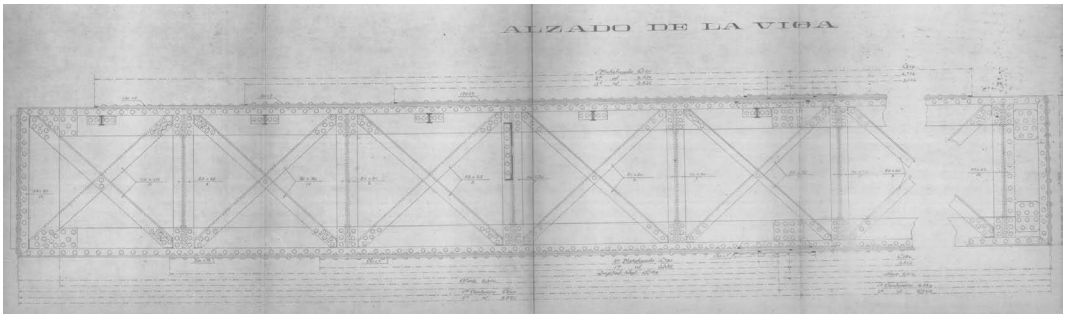



Figura 2
Alzado de la estructura de cruces de San Andrés proyectada sobre el río Nalón. (Ministerio de Fomento 1904)

Las vigas empleadas para la construcción del puente eran vigas IPE con una altura de 200 milímetros, un espesor de alma de 8 milímetros, y un ancho de 100 milímetros.

Por otro lado, el diseño del puente planteaba la construcción de una acera de viguetas, que tendría una luz de cálculo de 13 metros, igual que el puente, y viguetas separadas entre sí 1,42 metros. La Figura 3 muestra la sección transversal del puente proyectado, en cuyos extremos se diferencian las vigas IPE mencionadas y se observa la distancia entre el centro de los raíles de 1,056 metros, correspondientes al ferrocarril de vía estrecha.

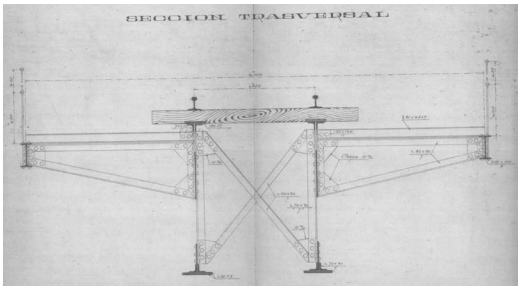



Figura 3
Sección transversal del puente sobre el río Nalón

## Cálculos

Para el cálculo de la carga permanente del puente, teniendo en cuenta el factor de seguridad, se empleó una luz de cálculo de 13 metros para las vigas principales. Con este dimensionamiento, la carga permanente resultante para la estructura fue de 550 kilogramos por metro lineal, de los cuáles 262 se debían al peso propio de la viga, 55 al carril y traviesas, y la acera del puente generaba 225 kilogramos por metro lineal. El incremento restante se debía a la mayoración de la carga al tratarse de un puente ferroviario.

Por otro lado, para el cálculo de momentos flectores y esfuerzos cortantes, el proyectista se basó en el apéndice III del libro Puentes Metálicos de Jerónimo Ibrán. Jerónimo Ibrán fue Ingeniero jefe del Cuerpo de Minas, director de la escuela de capataces de minas de Mieres y director de los ferrocarriles económicos de Asturias (Ibrán 1902). En el año 1902, en Oviedo, Ibrán elaboró la guía para cálculos de puentes metálicos por el método de las líneas de influencia, que fijaba las directrices de cálculo de estructuras metálicas centrándose en los parámetros de diseño de puentes ferroviarios según el ancho de vía.

## Apoyos

El dispositivo de apoyo proyectado para el puente metálico sobre el río Nalón son los rodillos de dilatación que se apoyan sobre placas fijas en la mampostería. La superficie de asiento de cada una de estas placas fijas es de 50x21 centímetros; es decir, 1.050 centímetros cuadrados de superficie fija de apoyo.

Según el dimensionamiento del puente la presión que transmitirá la estructura a la mampostería es de 24 kilogramos por centímetro cuadrado, y la presión máxima soportada por cada rodillo es de 8.050 kilogramos. Esto resulta un mínimo de tres rodillos de 70 milímetros de radio en cada una de las placas de apo-

yo, tal y como muestra la Figura 4, cuyos ejes tendrán una separación de 148 milímetros entre sí.

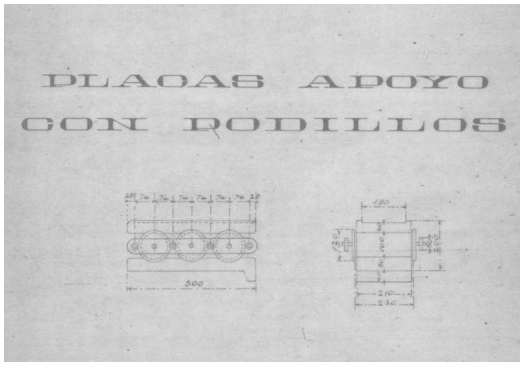



Figura 4
Esquema de las placas de apoyo proyectadas para el puente sobre el río Nalón

### Viaducto de la Vara

En marzo de 1906 se aprobó el proyecto de construcción de un puente de fábrica de 12 metros de luz que cruzaría el arroyo de La Vara, un camino rural y el ferrocarril minero de La Encarnada que recorría el valle de la Hueria de Carrocera. A principios de 1907, antes de la finalización de su ejecución, la obra comenzó a presentar grietas de gran importancia en los muros y estribos que obligaron a la demolición y reconstrucción de la estructura. En febrero de ese mismo año se elaboró un nuevo proyecto de construcción que evaluaba los errores presentados en el primero y los solventaba con una nueva estructura que, mediante la combinación de metal y mampostería, cumpliría los requerimientos del ferrocarril antes de su llegada a Lieres.

#### Análisis estructural

El análisis estructural del primer viaducto de La Vara evaluaba, entre otras cosas, el cimiento del viaducto, los espesores empleados y la calidad del material utilizado para detectar el origen de las grietas.

Para evaluar la situación del cimiento, no solo se tuvo en cuenta la resistencia de la mampostería de la estructura, sino que también se evaluó la capacidad del terreno sobre el que se asentaba. Este análisis no mostró ningún movimiento del terreno que pudiese generar las deformaciones estructurales identificadas; además, la cimentación de la estructura estaba a una profundidad de 3,50 metros sobre un terreno de roca unida, que se consideraba suficiente para soportar la carga de la estructura.

En referencia a los espesores, se determina que también son suficientes para soportar las cargas soportadas por el viaducto, ya que las grietas se presentaban en zonas que apenas soportaban esfuerzos. Sin embargo, atendiendo al proceso de ejecución de la obra y a la calidad de los materiales empleados, sí se considera que podrían ser una causa de las grietas detectadas en la estructura. El estudio estructural subraya la complejidad en el proceso de vigilancia durante la construcción de la obra; además, la geometría de las grietas sin seguir ninguna ley estructural y propagándose en cualquier dirección y en cualquier punto de la estructura, indican que se trata de hechos aislados por fallo de la colocación del material por parte de la mano de obra, y no por un fallo durante el cálculo de la estructura. Por otro lado, el gran tamaño de la mampostería necesaria para la construcción del proyecto hizo que fuese necesario el encargo del material a diferentes canteras de la zona, resultando una estructura con diferentes tipos y calidades de materiales y, en consecuencia, capacidades de resistencia diferentes en función de su procedencia.

#### Solución estructural

Considerando que uno de los motivos del fallo estructural de la primera construcción fue la calidad del material utilizado, que procedía de diversas canteras al no poder cumplirse la demanda con una sola proveedora, la solución al fallo estructural planteaba una modificación del proyecto utilizando mampostería de menor tamaño que el inicial. Esto facilitaría, en primer lugar, la búsqueda de material en las canteras y, en segundo lugar, la homogeneidad en la calidad del material al facilitar la procedencia del material de una sola cantera. Además, esta solución favorecería la reutilización el material de buena calidad resultante de la demolición de la primera obra.

El viaducto proyectado tiene un tramo central de 32 metros de luz y dos estribos laterales con arcos de medio punto y 9 metros de luz, longitud asignada

principalmente con fines económicos para poder utilizar las cimbras de la construcción anterior.

tomó de referencia el apéndice III del libro Puentes Metálico de Jerónimo Ibrán.

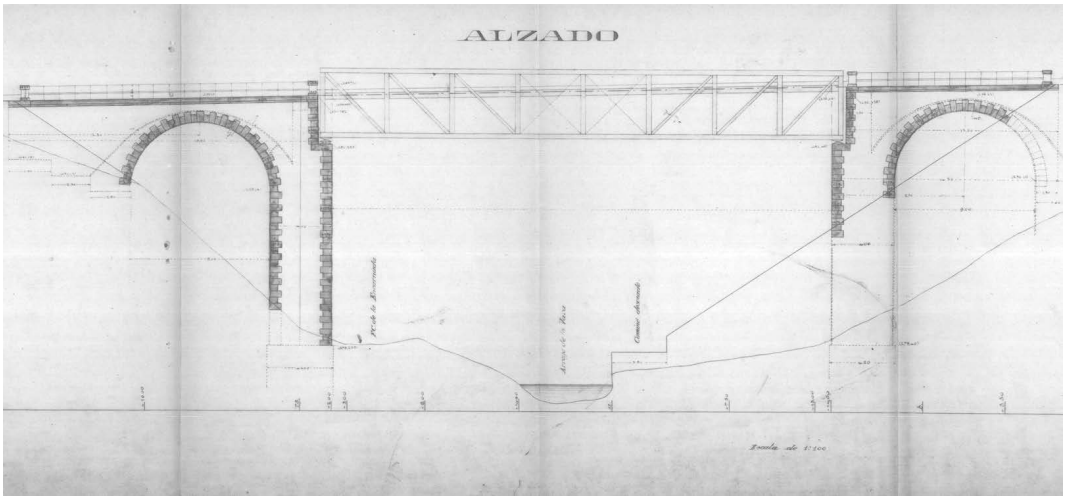



Figura 5
Alzado del viaducto proyectado sobre el arroyo de La Vara

El sistema estructural para el vano central ha sido un sistema simple mediante montantes comprimidos y diagonales a tracción, ubicada a unos 4 metros del suelo y con las diagonales formando un ángulo de 45º, resultando un total de ocho mallas cuadradas, tal y como se observa en la figura 5, que salvaban el ferrocarril de La Encarnada, el arroyo de La Vara, y un camino rural.

## Cálculos

El cálculo de la carga permanente generada por el tramo central se realizó en función a la luz de cálculo, que era de 33,5 metros. Con estas dimensiones, y teniendo en cuenta la geometría previamente expuesta, la carga permanente resultante fue de 775 kilogramos por metro lineal. En cuanto al cálculo de la carga de uso, al ser un puente ferroviario metálico se dimensionó con los parámetros establecidos por la Instrucción del 25 de mayo de 1902, en la que se fijaban las dimensiones del tren tipo a soportar por la estructura. Al igual que en el proyecto del puente metálico sobre el río Nalón, para el cálculo de los momentos flectores y de los esfuerzos constantes se

Por otro lado, el proyecto también incluye los cálculos de los vanos de mampostería. En estos tramos del puente uno de los factores más importantes para garantizar la estabilidad de la estructura es el espesor de la clave del arco de medio punto. Para realizar este cálculo el proyecto se basa en cinco fórmulas empíricas diferentes (Gaztelu 1896): La fórmula empírica de Boix, que daba un espesor de clave de 0,69 metros; la expresión de Dupuit, en la que se obtuvieron 0,60 metros de espesor; la fórmula de Leveillé que daba 0,63 metros de espesor de flecha; la de Croizette daba 0,70 metros y la de Gaztelu que daba 0,69. Por lo tanto, el espesor establecido para la clave de los arcos fue de 0,70 metros.

La Tabla 2 muestra una recopilación de las expresiones utilizadas, siendo *"e"* el espesor de la clave y *"l"* la luz del arco, lo que denota que, en todas ellas, el espesor de la clave depende únicamente de la luz del arco.

En cuanto a los estribos de mampostería, para determinar su espesor se emplean también fórmulas empíricas. Para el caso del viaducto de La Vara se empleó la fórmula de Leveillé para arcos de medio punto, que se puede observar de forma simplificada en el cuadro número 4 del documento de cálculos de

| | |
|---|---|
| Boix | $e = \frac{1}{3}\sqrt[3]{l}$ |
| Dupuit | $e = 0{,}20\sqrt{l}$ |
| Leveillé | $e = 0{,}33 + 0{,}033l$ |
| Croizette-Desnoyers | Puente de carretera: $e = 0{,}15 + 0{,}15\sqrt{l}$<br>Puente de ferrocarril: $e = 0{,}20 + 0{,}17\sqrt{l}$ |
| Gaztelu | $e = 1{,}35 + 0{,}75\sqrt{l} - 1{,}40\sqrt[3]{l}$ |

Tabla 2
Fórmulas empíricas para el cálculo del espesor de la clave en puentes de mampostería (Ribera 1929)

puentes elaborado por D. Luís Gaztelu en el año 1896 y representado en la Figura 6. Este cuadro representa las curvas correspondientes a los valores de la luz, que varían de 2 en 2 hasta una luz máxima de 30 metros. En el eje horizontal del cuadro se representa la altura del estribo (h), y en el eje vertical el espesor del estribo que es el objeto del cálculo (Gaztelu 1896). Con esta información, el espesor fijado para los estribos fue de 4 metros. (Ribera 1929)

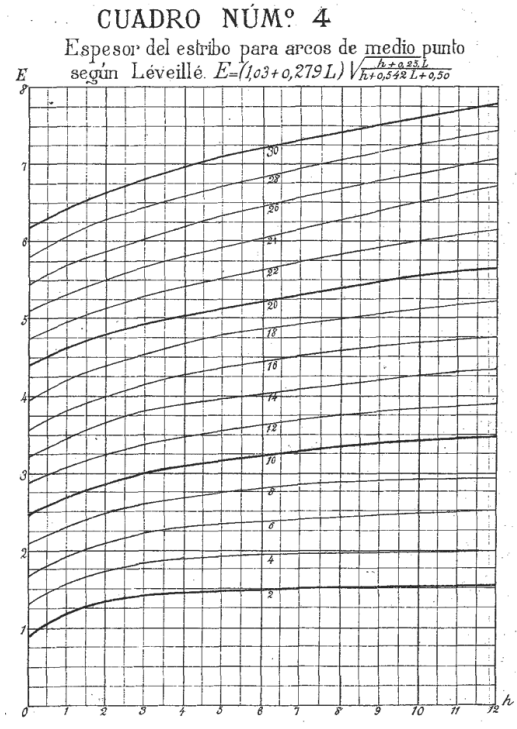



Figura 6
Cuadro de cálculo del espesor de los estribos para arcos de medio punto (Gaztelu 1896)

## Apoyos

El dispositivo de apoyo empleado para la construcción del viaducto de La Vara es de rodillos con silleta de distribución apoyados sobre placas fijas en la mampostería. La superficie de asiento de cada una de estas placas fijas es de 45x70 centímetros; es decir, 3.150 centímetros cuadrados de superficie fija de apoyo.

Según el dimensionamiento del puente, la presión que transmitirá la estructura a la mampostería es de 16,5 kilogramos por centímetro cuadrado, y la presión máxima soportada por cada rodillo es de 25.100 kilogramos. Esto resulta un mínimo de tres rodillos en cada una de las placas de apoyo, tal y como muestra la Figura 7, que tendrán un diámetro de 140 milímetros y cuyos ejes tendrán una separación de 210 milímetros entre sí.

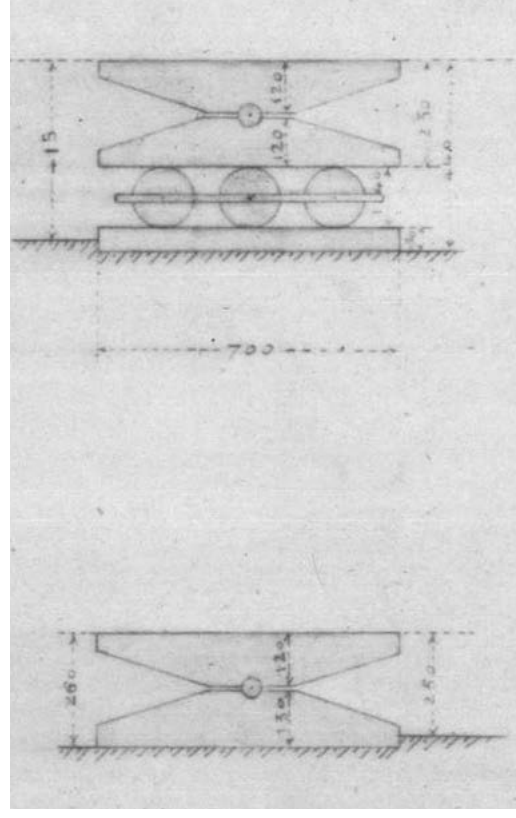


Figura 7
Apoyos proyectados para el viaducto de La Vara

## Conclusiones

La investigación llevada a cabo ha ayudado a poner en valor la importancia de los proyectos no construidos como fuente de caracterización del estado del arte del ferrocarril en Asturias. Los datos recabados han ayudado a comprender la estructura de la red ferroviaria de ancho métrico asturiana tal y como la conocemos hoy en día, e incluso conocer, gracias al Plan de Ferrocarriles Secundarios de Asturias del año 1904, las propuestas de trazados en Asturias que no se llegaron a construir.

La idea de conectar los valles mineros mediante la construcción de infraestructuras ferroviarias fue algo muy arraigado durante los últimos años del siglo XIX y los primeros del siglo XX. El objetivo de estos trazados era simplemente dar salida al material por el mar, ya fuese en Gijón o en Santander, y el ferrocarril no estaba pensado para otros medios que no fuesen el transporte del material. Por este motivo el Plan valoraba la conexión de todos los valles mineros con la costa, pero no entre sí, una geometría que aún hoy perdura.

Fueron muchos los trazados planteados en Asturias con fines mineros; sin embargo, la falta de subvenciones por parte del estado dificultaba la construcción de este tipo de infraestructuras, siendo muchas de ellas perjudicadas por la falta de presupuesto. Un ejemplo de ello es la línea de ferrocarril de San Martín – Lieres – Gijón, en la que se ha centrado esta investigación, concretamente, en el tramo de San Martín a Lieres. Esta línea no fue solo una idea, sino que se comenzaron las obras para su construcción durante la primera década del siglo XX, llegando a proyectarse obras de paso para garantizar las pendientes máximas admitidas por el ferrocarril.

Los materiales y métodos de cálculo de estructuras en aquella época eran diferentes a los conocido hoy en día, por lo que resulta interesante evaluar los dos puentes proyectados en el tramo de San Martín a Lieres: uno de ellos que salvaba el caudal del Río Nalón, aún en el concejo de San Martín, mediante una estructura metálica de 12 metros de longitud; y otro que cruzaba el arroyo de La Vara, en el concejo de Bimenes, con un vano central metálico y dos vanos laterales de mampostería. Los métodos de cálculo de las dos estructuras fueron similares al tratarse de estructuras metálicas. Ambas infraestructuras se basaron en la Instrucción del 25 de mayo de 1902, que fijaba los parámetros de cargas para los puentes metálicos. Por ello, la sobrecarga de uso estimada en ambos casos fue la fijada por la instrucción.

Otro de los documentos referentes para el cálculo de estructuras en la época fue el libro de cálculo de puentes metálicos escrito por Jerónimo Ibrán en el año 1902, al que ambos proyectistas aluden en el apartado de cálculos por fijar las directrices de cálculo de estructuras metálicas. En cuanto a los apoyos dimensionados, ambos proyectistas optan por utilizar el sistema de rodillos.

Por último, el viaducto de La Vara presenta dos arcos de medio punto de mampostería que, aunque no son comparables con la metodología de cálculo de otras infraestructuras dentro del mismo trazado, servirán de base para futuros estudios en puentes del mismo material.

## Lista de referencias


Antuña, Faustino Suárez. 2003. *La Compañía de los ferrocarriles de San Martín - Lieres - Gijón - El Musel. Aproximación geográfica y un estado sobre la cuestión.* Gijón: Universidad de Oviedo.

Castañeda, Vicente. 1946. *Los primeros ferrocarriles españoles. Intentos y realidades.* Madrid.

Gaceta de Madrid. 1878. *Reglamento para la ejecución de la ley general de Ferro-carriles de 23 de Noviembre de 1877.* Publicado el lunes 27 de Mayo de 1878.

Gaceta de Madrid. 1892. *Real Orden del 15 de julio de 1892.* Publicado el 17 de julio de 1892.

Gaceta de Madrid. 1901. *Real Orden del 8 de febrero de 1901.* Publicado el 12 de febrero de 1901.

Gaceta de Madrid. 1902. *Real Orden del 25 de mayo de 1902.* Publicado el 5 de junio de 1902.

Gaceta de Madrid. 1904. *Real Orden del 8 de agosto de 1904.* Publicado el 9 de agosto de 1904.

Gaceta de Madrid. 1923. *Real Orden del 30 de noviembre de 1922.* Publicado el 15 de enero de 1923.

Gaztelu, Luis. 1896. *Práctica usual de los cálculos de estabilidad de los puentes.* Madrid.

Ibrán, Jerónimo. 1902. *Cálculo de Puentes Metálicos.* Oviedo.

Ministerio de Fomento. 1904. *Proyecto para puente de 12 metros sobre el Nalón.* Gijón.

Moreno, Jesús. 2018. *Prehistoria del ferrocarril.* Fundación de los Ferrocarriles Españoles.

Plasencia-Lozano, Pedro. 2017. *El proyecto no construido del ferrocarril entre Talavera de la Reina y Cáceres por Trujillo de Eusebio Page, y la modificación de Ángel Arribas.*

Plasencia-Lozano, Pedro. 2021. *El proyecto del ferrocarril estratégico Ciudad Rodrigo a Río Tajo. Una infraestructura de principios de siglo XX no llevada a cabo.*

Ribera, José Eugenio. 1929. *Puentes de fábrica y hormigón armado.*

Simpkin & Marshall. 1835. *The repertory of patents inventations and other discoveries & improvements in arts, manufactures and agriculture. Vol. III.* London: J.S.HODSON.

Sitjà, Jesús. 2006. *El ferrocarril de Langreo y sus marcas.*

Suárez, Jose María Flores. 2006. *La línea trazada. Proyectos ferroviarios no realizados.* Gijón.

Utrera, Jose Luís García. 2002. *El AVE Madrid-Lisboa por Extremadura: Efectos territoriales y diferentes alternativas.* Universidad Politécnica de Cataluña.

# Integración de la madera en los sistemas constructivos de la frontera norte de México en el primer tercio del s. XX. Cubiertas y entrepisos elementos básicos para la introducción y desarrollo de la construcción en madera

Pedro Tlatoani Molotla Xolalpa

Después del movimiento revolucionario en territorio nacional, los asentamientos urbanos comienzan un proceso de "recuperación" y consolidación, y para las ciudades de la franja fronteriza significó un desarrollo paralelo a sus ciudades hermanas de los Estados Unidos.

Entre ellas sobresalieron urbes como Ciudad Juárez y El Paso, Texas, quienes a finales del s. XIX y principios del s. XX fueron importantes centros de distribución ferroviaria ocasionando un incremento económico que las llevaron a obtener un relevante desarrollo urbano-arquitectónico enriquecido con la importación de materiales y sistemas constructivos desconocidos en la región hasta ese momento.

Lo anterior supuso un desarrollo inmobiliario impulsado por su reciente posición estratégica comercial y de comunicación binacional. La arquitectura local comenzó la integración de novedosos sistemas constructivos integrados la mayoría de las veces a los materiales propios de la región como el adobe. La inercia arquitectónica y constructiva fueron enriquecidas por la visión de un México moderno del siglo XX junto con la consolidación regional del sur de los Estados Unidos atrayendo nuevos modelos de construcción que incluían materiales, formas, estilos y herramientas.

La investigación se enfoca en el estudio de las cubiertas y entrepisos de inmuebles de principios del primer tercio del s. XX en Ciudad Juárez que integraron sistemas constructivos de madera con influencias importadas de los Estados Unidos para solucionar cuestiones térmicas y estéticas. Dichas soluciones han conformado notables ejemplos arquitectónicos que a pesar de su versatilidad y practicidad han quedado en desuso y en peligro de ser desaparecidos.

Por lo anterior la presente propuesta se enfoca en la "disección" de la tipología de sistemas de cubiertas y entrepisos de madera que se introdujeron en Ciudad Juárez a partir de una investigación histórica documental apoyada por un levantamiento arquitectónico minucioso que nos lleve a generar un modelo tridimensional que incluye la hipótesis del su estado original, pasando por los deterioros, intervenciones y adiciones posteriores.

Es posible comentar que la introducción de sistemas constructivos en Ciudad Juárez, significó un enorme paso hacia "modernidad" arquitectónica fronteriza, con una imagen regional compartida desde el sur de los Estados Unidos y Norte del estado de Chihuahua que refleja las condiciones climáticas locales y los nuevos materiales integrados con los tradicionales. Es la amalgama de conocimiento local y extranjero fruto del asentamiento de importantes centros de distribución de mercancías, pero sobre todo de personas que los convirtieron en puertos internos con extensas y variadas influencias de maneras de vivir y por supuesto de construir.

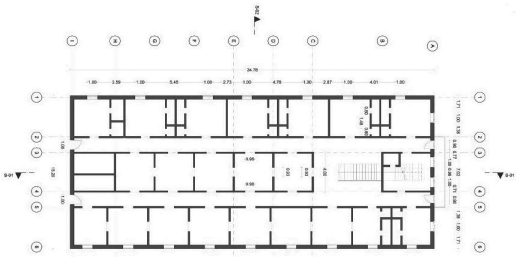


Figura 1
Giovanni Rizzi Zannoni, *Atlante geografico del Regno di Napoli*, f. 3, 1806, dettaglio della Media Valle dell'Aterno

## Los ferrocarriles como principal factor en la introducción de sistemas constructivos de madera en Ciudad Juárez

Cuando fue terminado en 1884 el Ferrocarril Central Mexicano, se convirtió en la primera gran vía hacia la "nueva" frontera norte. Construida con vía ancha permitió el tráfico desde la Ciudad de México hasta Paso del Norte (Ciudad Juárez) en México, pero también prácticamente fue un punto de transferencia con la "Union Depot" de El Paso, Texas que se conectaba con el *Atchison, Topeka & Santa Fe* que operaba un tren hasta Socorro, Belen y Albuquerque; el Ferrocarril Chihuahua-Pacífico que iba hacia el sur, hasta Ciudad Madera y Chihuahua; el Southern Pacific Railway tenía trenes transcontinentales al oeste de California y al este de Louisiana a través de Texas; y finalmente el Texas Pacific y luego el Missouri Pacific Railroad que administraron líneas a Fort Worth, Texas. Dicha situación estratégica, convirtió a Ciudad Juárez en la puerta de entrada de variados y novedosos materiales y sistemas constructivos que promovieron un cambio de la fisonomía de la ciudad sobre todo a parir del primer cuarto del s. XX.

El negocio de los ferrocarriles en su calidad de medios de transporte consistió en transportar a bajo precio los productos, por el enorme mercado que generó con su llegada para la introducción de materiales, equipo y la explotación de mano de obra. Esta situación desencadenó la especulación de tierras a partir de las expropiaciones requeridas para su propia expansión por el territorio, y por las concesiones otorgadas para la explotación mineral, agrícola, forestal, etcétera, pero también fue el impulso que dio a las actividades productivas y la exportación-importación de sus productos.

Con el tendido de las vías en el estado de Chihuahua, se reactivaron actividades como la exportación de ganado y de minerales a varias ciudades estadounidenses, y se consolidó el comercio con el mercado nacional. Gracias a este nuevo panorama, se disminuyó el aislamiento de los territorios del norte de México, y permitió un enlace de las ciudades fronterizas con Estados Unidos y con el resto del país, que además generaron nuevas actividades comerciales, sin embargo, Ciudad Juárez siguió siendo considerada exclusivamente como un centro de distribución de bienes hacia el mercado internacional.

En Ciudad Juárez el abasto del agua y de la madera (para la construcción de las vías ferroviarias y para el desarrollo de la ciudad), estuvo muy relacionado con la cesión y venta de terrenos destinados para el tendido de las vías férreas. Incluso en un inicio, las empresas ferroviarias importaron los durmientes necesarios libres de gravámenes, ya que la aplicación del queroseno, indispensable para alargar la vida útil de la madera no se realizaba en México.

A finales del s. XIX la aún villa de Paso del Norte tenía una apariencia sin relevancia. «Su principal avenida estaba cruzada por nueve calles pequeñas en las que había adobe, viñedos, huertos y lotes sin habitar. Había tres tiendas de comercio dedicadas a la venta de alimentos y carne. En esa época contaba con un hotel y las usuales tiendas de artesanías». Sin embargo, a partir de 1885, cuando Porfirio Díaz declaró zona libre a esta región y a todas las poblaciones ubicadas a una distancia de 20 km de la línea fronteriza, se comenzaron a construir una gran cantidad de establecimientos, sobre todo, destinados al comercio que alentaron la llegada de inversionistas extranjeros, que instalaron sus negocios y servicios en el centro de la ciudad. En las tiendas de El Paso Texas, Texas Western Press, 1981. (South Western Studies, Monograph No. 63). 54 Periódico Oficial del Estado de Chihuahua, mayo de 1881. 55 Op. cit., p. 2. 56 Ulises Irigoyen, "El problema económico de las fronteras mexicanas", (Boletín de la sociedad chihuahuense de estudios históricos, Chihuahua, núm. 4, 1942.)

Bajo este nuevo régimen, Ciudad Juárez rápidamente superó a El Paso en las actividades comerciales, convirtiéndose en ese momento en el nuevo centro de distribución de mercancías enviadas a

territorio mexicano y hacia algunas ciudades de los Estados Unidos. Paralelo al crecimiento comercial, fueron levantadas varias fábricas que alentaron aún más el crecimiento y desarrollo urbano de la ciudad.

Fue hasta la primera década del siglo pasado, que se inició la conformación de la Ciudad Juárez "moderna", cuando aumentaron las actividades de diversión y cuando el gobernador del estado, Enrique Creel, proyectó transformarla y facilitar lo que él consideraba que era el progreso. Las acciones emprendidas trataban de orientar el desarrollo regional y urbano, consolidando las empresas industriales, mercantiles y ganaderas., buscando ampliar las zonas de influencia para expandirse hacia nuevos mercados.

Una vez modificado el aspecto físico y el entorno urbano de la ciudad, ésta fue convertida en un gran negocio, ya que el suelo aumentó su plusvalía convirtiéndose en una mercancía rentable. Las nuevas construcciones aumentaron el precio de las tierras, por lo que algunas personas e instituciones se vieron favorecidas aumentando sus propiedades y riquezas simplemente comprando tierras esperando que su valor se multiplicase al pasar el tiempo. El número de construcciones en la ciudad aumentó considerablemente, incluso la autoridades se vieron en la necesidad de proteger una parte de los terrenos locales para contar con edificios públicos y espacios de recreación y de beneficencia.

Hotel del sur.

Este edificio conserva una placa en la parte superior que indica su construcción en el año de 1919. Está ubicado en la Av. Juárez N.º 215, y fue levantado con la idea de convertirse en un espacio de hospedaje de lujo, perfil que todavía es posible observar en sus acabados y detalles sobre todo en el área de las habitaciones.

El edificio fue mandado construir por el comerciante Isauro Carreño, y contaba con 17 habitaciones y tiene características que lo catalogan dentro del estilo "Federal", según los especialistas de la región. Aún conserva varios elementos que reflejan su otrora esplendor, como una escalera de madera, que aún puede observarse desde su puerta de acceso; o los plafones metálicos troquelados en su piso superior.

El inmueble fue construido con muros de mamposterías de tabique industrializado (en molde) con diferente cocimiento para mejorar las condiciones térmicas y de intemperización. Fue proyectado un sótano con la suficiente altura para alojar actividades propias del hotel. Sin embargo, éstos se realizaban para alojar instalaciones y maquinaria para la climatización del mismo.

El entrepiso es un sistema de vigas de madera apoyadas sobre trabes y pilares de concreto armado, Ciudad Juárez ya estaba en uso desde el siglo anterior ya que se habían construido plantas de producción que abarataban los costos.

La cubierta es un doble sistema de vigas de madera, una superior a base de vigas que forman una cercha en abanico con la que se logra dar la pendiente a un agua hacia la parte posterior del inmueble, y la parte inferior, más ligera conforma una superficie uniforme para la colocación de un falso plafón, además de formar un "colchón" térmico entre ambas.

Figura 1.
Planta arquitectónica del estado actual del primer nivel del Antiguo Hotel del Sur. Aún se conserva el partido arquitectónico con algunas intervenciones como la integración de baños y subdivisiones. Es en este nivel donde se encontraban las 17 habitaciones originales. En la planta baja estaban los servicios y locales de renta. (Elaboración propia)

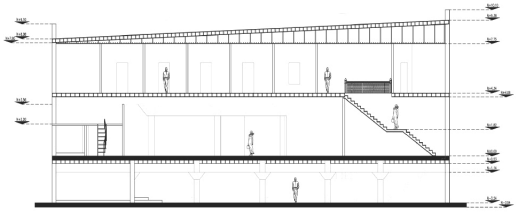


Figura 2
Corte longitudinal donde se observa la "doble cubierta" superior y el entrepiso sostenido por vigas de madera y columnas (elaboración propia)

## Edificio San Luis

Uno de los edificios más emblemáticos de Ciudad Juárez es el edificio San Luis, que data desde el año 1882, aunque algunos historiadores establecen que pudo haber sido construido en 1880.

Fue el hotel más importante durante ese periodo y posteriormente se le dio el nombre de Hotel Porfirio Díaz luego de su toma de protesta como presidente de México, y luego fue renombrado como Hotel

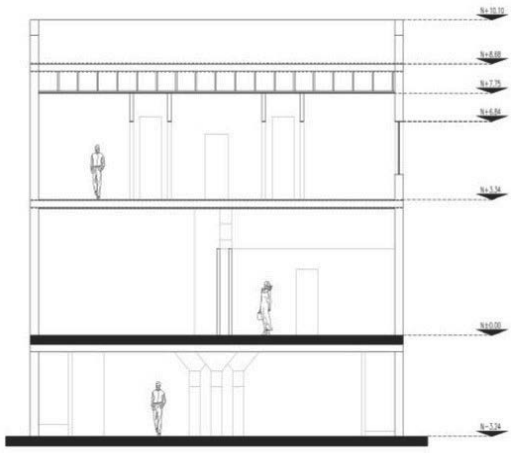


Figura 3
Corte transversal que muestra la parte frontal del inmueble con una altura mayo del entresuelo superior (elaboración propia)

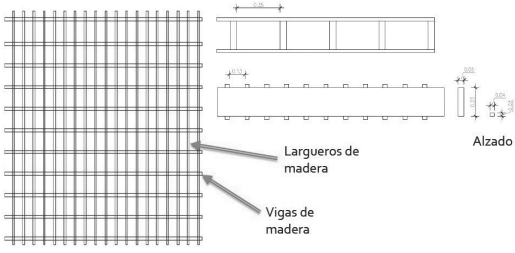



Figura 4
Detalle de la "parrilla" de vigas de madera y tablones que conforman el sistema (elaboración propia)

Montecarlo, donde se hospedaron grandes figuras de la política.

A mediados del siglo pasado fue transformado como el Club San Luis, en el época dorada de la ciudad. Desgraciadamente en 1972 sufrió un incendio en la parte alta y a partir de ese periodo ha cambiado su uso de manera intermitente.

Al igual que el Hotel del Sur, la fábrica de los muros son de mampostería de tabique rojo industrializado de diferente cocciones y los entrepisos y cubiertas son de madera con un sistema constructivo similar, lo que hace pensar que dicho sistema fue introducido y diseminado en el crecimiento urbano de principios del s. XX

Figura 5
Detalle del plafón y molduras de metal desplegado, sostenidas por un sistema de tiras sobre vigas de madera. Podemos observar esta mezcla de materiales y sistemas constructivos tradicionales con industrializados en planta alta (foto de los autores)

Figura 6
Fotografía de entrepiso que todavía conserva los plafones, asó como entramado de vigas y tablas de madera (foto de los autores)

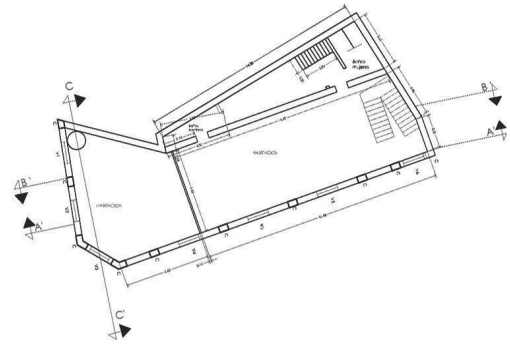


Figura 7
Planta arquitectónica del estado actual del primer nivel del Edificio San Luis que muestra un gran espacio cubierto con una estructura de madera similar al del Hotel del Sur (elaboración propia)

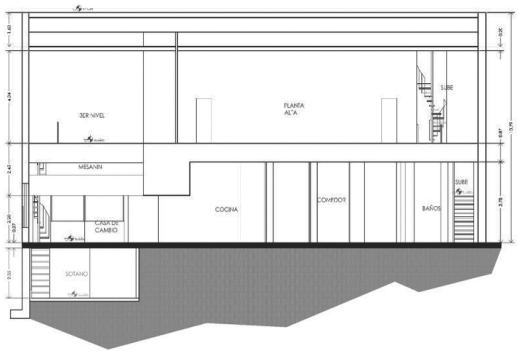



Figura 8
Corte longitudinal que muestra la cubierta principal del salón con el sistema constructivo de madera (elaboración propia)

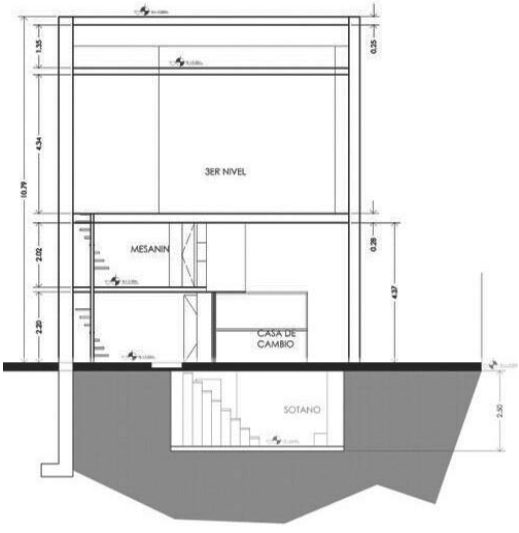



Figura 9
Corte transversal donde podemos ver los diversos niveles del inmueble incluyen un sótano (elaboración propia)

## Centro Escolar Revolución

Es un conjunto arquitectónico comenzó a construirse en el año de 1936, en su momento a un costado de los patios de ferrocarril. El edificio fue inaugurado el 17 de mayo de 1939 por el presidente de la República, Lázaro Cárdenas, y se convertiría en la escuela primaria más grande que jamás se hubiera construido en Ciudad Juárez.

Figura 10
Fotografía de la cubierta principal del primer nivel que deja ver el sistema "doble" de cubierta. La superior para generar la pendiente y soportar la nieve, y la segunda más ligera donde se montana el plafón y conformar también un "colchón" térmico (foto de los autores)

El edificio del Centro Escolar tiene claras influencias Art Deco, con algunos detalles "historicistas" propios del estilo. El diseño se le atribuye al Ing. E. Biossi, del cual no hay datos fidedignos sobre su vida y obras.

Cuenta con un par de vitrales de muy buena calidad encargados al artista Fermín Revueltas, que junto con la calidad de su construcción dejan ver la importancia que tuvo.

Tiene un sistema constructivo de marcos rígidos de concreto, con muros de mampostería de tabique rojo (aplanado), y cubiertas y entrepisos antes de madera, ya que la mayoría han sido sustituidos por losas de concreto armado. Las secciones encontradas con el sistema original, muestran un gran parecido con el utilizado en el Hotel del Sur y Edificio San Luis.

## Edificio Moctezuma no. 591 Col. Centro, Ciudad Juárez

Este edificio de un nivel que aloja actualmente una herrería, y según el actual dueño, es uno de los inmuebles más antiguos de la ciudad, con un sistema constructivo de muros de mampostería de adobe y tabique rojo recocido y cubierta de madera con un sistema constructivo muy similar a los mostrados.

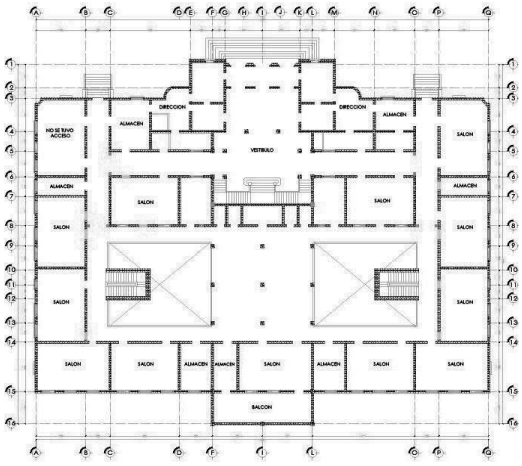



Figura 11
Planta arquitectónica del 1er nivel de Centro Escolar, se observa el partido arquitectónico y los claros que definían los tableros para le construcción de entrepisos y cubiertas (Ezequiel Bruno)

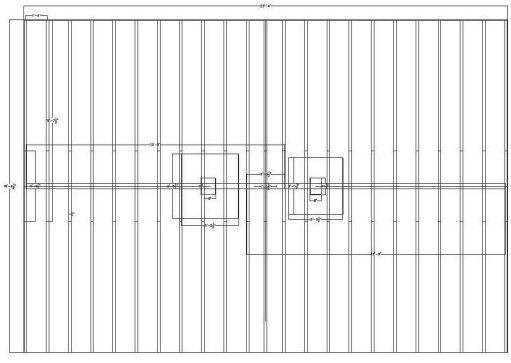


Figura 12.
Tablero encontrado del sistema original de entrepiso de madera con sistema constructivo similar a lo inmuebles anteriores (María Fernanda Ortega Posada)

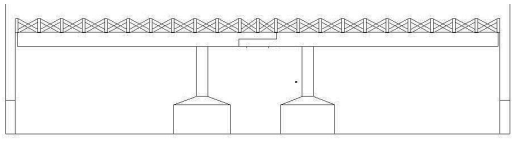


Figura 13
Corte que muestra el sistema constructivo de tablones y vigas reforzadas con contraventeos para generar mayor rigidez del sistema (María Fernanda Ortega Posada)

Figura 14 y 15
Fotografías del entrepiso del primer nivel de Centro Cultural donde observamos el sistema constructivo (María Fernanda Ortega Posada)

Figura 16
Imagen satelital de la construcción, la cual se encuentra en una esquina y formaba parte de un conjunto más grande, ahora desaparecido (Google Maps)

Figura 17 y 18
Fotografías de la cubierta que muestran el sistema constructivo doble de las cubiertas para generar pendiente en la parte superior, y recibir plafón o cielo raso en la inferior. Se logran observar también los típicos contraventeos que rigidizan el sistema (foto de los autores)

A pesar de presentar un visible deterioro, la calidad de la construcción ha permitido su conservación parcial, sobre todo de las cubiertas que mantienen alejado de la humedad al conjunto.

## Conclusiones

Lo observado en estos cuatro inmuebles, en un periodo aproximado de 50 años entre sus respectivas construcciones nos muestra un cambio radical en la utilización de la madera, sobre todo, en los sistemas

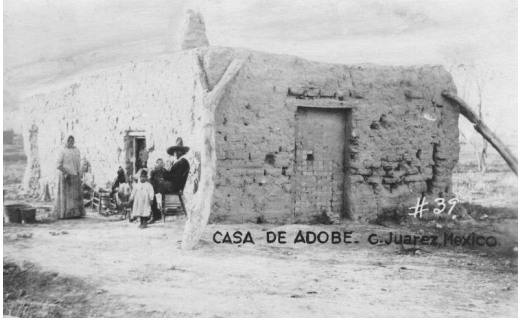


Figura 19 y 20
Fotografías de un par de casas del Ciudad Juárez en el s. XIX, se observa el sistema constructivo utilizado hasta la llegada de los ferrocarriles (Internet)

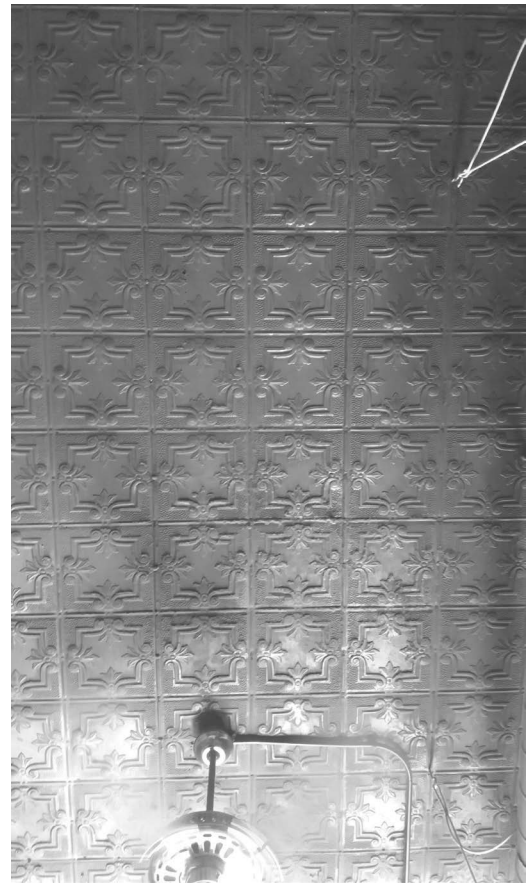


Figura 21 y 22.
Fotografías de un edificio de 1890 en Minneapolis, Minnesota, a la orillas del río Misisipi. Podemos observar grandes semejanzas en sus sistema constructivo, pero además un acabado de plafón troquelado que es prácticamente idéntico al colocado en el Hotel del Sur (foto de los autores)

constructivos para las cubiertas. Es evidente que la llegada de los ferrocarriles generó un desarrollo urbano en Ciudad Juárez, pero también fue el vehículo para la introducción de materiales y sistemas constructivos ajenos a lo utilizado hasta ese momento.

Las vigas y tablones presentan dimensiones que sólo con herramientas mecánicos es posible obtener y su colocación hace evidente un conocimiento pleno del sistema. Utilizado primero en Estados Unidos, no tardó en importarse hacia territorio nacional lo que seguramente abarató los costos de construcción.

Evidentemente la fisonomía de la ciudad cambió y la imagen obtenida se asimiló de nuestro vecino país.

## Nota

Esta comunicación se escribió en colaboración con Enrique Martín Cano Murillo

## Lista de referencias

Coatsworth, John H., 1976, “El Impacto Económico de los Ferrocarriles en el Porfiriato”, t. I, México, Ed. SepSetentas.

De Anda Alanís, Enrique X., 1990, *La arquitectura de la Revolución Mexicana. Corrientes y estilo de la década de los veinte,* México, UNAM, Inst. de Inv. Estéticas.

De la Torre, Juan, 1888, *Historia y descripción del Ferrocarril Central Mexicano,* México, Imp. de I. Cumplido.

Fernández Hurtado, Ernesto, 1963, "*La Iniciativa Privada y el Estado como Promotores del Desarrollo", en México 50 Años de Revolución,* México, Fondo de Cultura Económica.

Fuentes Díaz, Vicente, 1951, *El Problema Ferrocarrilero de México,* México, Ed. del autor.

Guajardo Soto, Guillermo, 1996, "Hecho en México: el eslabonamiento industrial "hacia adentro" de los ferrocarriles, 1890-1950", en Ferrocarriles y vida económica en México 1850-1950, México, UAM, FNM, El colegio Mexiquense.

Kuntz Ficker, Sandra, 1996, Ferrocarriles y mercado: tarifas, precios y tráfico ferroviario en el Porfiriato", en Ferrocarriles y vida económica en México 1850-1950, México, UAM, FNM, El colegio Mexiquense.

Instituto Municipal de Investigación{ón y Planeación de Ciudad Juárez, 1996, "Monumentos, Placas y Propiedades. Catálogo de Obras con Valor Histórico y/o Arquitectónico. México, Comisión de Historia.

Kuntz Ficker, Sandra, 1995 Empresa Interna y Mercado Extranjero. El Ferrocarril Central Mexicano (1880-1907), México, El Colegio de México

Macedo, Pablo, 1905, *"La Evolución Mercantil", en Comunicaciones y Obras públicas-La Hacienda Pública,* México, Comunicaciones y Obras Públicas.

Méndez, Santiago 1864, *Nociones Prácticas sobre Caminos de Hierro,* México, Librería Mexicana

Ortiz Hernán, Sergio 1987, *Los Ferrocarriles de México. Una Visón Social y Económica, Tomo I,* México, Ferrocarriles Nacionales de México.

Riguzzi, Paolo, 1996, "*Los caminos del atraso: tecnología, instituciones e inversión en los ferrocarriles mexicanos, 1850-1900", en Ferrocarriles y vida económica en México 1850-1950,* México, *UAM, FNM, El colegio Mexiquense*, 1996

Robles, Gonzalo, 1963, "*El Desarrollo Industrial", en México 50 Años de Revolución,* México, Fondo de Cultura Económica, 1963.

Santiago Quijada, Guadalupe, 1998, "*Cambios y permanencias en la estructura de la propiedad de la tierra y conformación urbana de Ciudad Juárez, 1888-1935",* Tesis para optar por el grado de maestra en Historia Moderna y Contemporánea, Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora

Vargas Salguero, Ramón, 1998, "*Afirmación del Nacionalismo y la Modernidad*", Tomo II en Historia de la Arquitectura y Urbanismo Mexicanos, Vol. III, El México Independiente, México, Fondo de Cultura Económica.

# Un *libro de quentas* para la historia de la construcción del siglo XVI

Gregorio Manel Mora Vicente

La iglesia de San Miguel Arcángel de Morón de la Frontera (Sevilla) es un buen exponente de la arquitectura religiosa de la Baja Andalucía durante los siglos XVI-XVII: modelos híbridos sobre la línea de lo gótico y renacentista, a menudo con obligaciones de mantenimiento de espacios y fábricas. Por lo general se aprovechan del impulso económico que supusieron la toma de Granada y los mejores años del comercio novohispano, que dotaron al reino hispalense de una prosperidad sin parangón. Así se levantaron un grupo de parroquias que dentro de su singularidad tienen rasgos comunes en su dimensión y formas, quizás porque florecen de la semilla que fue la catedral de Sevilla y sus maestros mayores.[1] Como estos lo eran del Arzobispado estuvieron involucrados en tales empresas, aunque su participación en ellas fue proyectual y físicamente estuvieron poco en obra, como veremos en este artículo. El papel de «arquitectos» como Diego de Riaño, del que se tratará a continuación, adquieren una dimensión profesional (intelectual) nueva, alejada del taller a pie de obra que solo visita en situaciones concretas, donde dejaba un proyecto y profesionales capaces de interpretarlos y transmitirlos.

Aunque templos como San Miguel sean bastante conocidos por la bibliografía,[2] particularmente nos resulta indescifrable el día a día en el que la obra se ejecuta: el terrible cotidiano que supondría levantar cualquier edificio con visos de durabilidad en esos años. A menudo desconocemos ese plano -el cómo y el cuándo- que suelen resolver los papeles: contratos, compendios, libros, carpetas… documentos contables sobre los que aterrizar. Señalar las posibilidades que para la Historia de la Construcción ofrece su lectura no es un ejercicio original; a grandes rasgos se trata de repasar un dosier que recoge entradas de cargo y data de una actividad como la construcción. Aunque no contengan mayor floritura que hacer balance económico, su registro demuestra que la única posibilidad para llevar a cabo un edificio de este tipo era su esmerada organización, porque la obra, como todas, estaba sometida a riesgos.

En el caso de San Miguel el principal era su financiación. Aunque la fábrica tuviese unos fondos adscritos fijos (impuestos sobre productos, rentas sobre bienes inmuebles, enterramientos), su patronazgo municipal hacía que los caudales fuesen deleznables, de manera que el deseo de una gran parroquia chocaba con la falta de recursos que la provisionase. A grandes males, grandes remedios, y los munícipes se vieron abocados a organizar la edificación por partes. Las obras iniciaban cuando la alcancía estaba llena y finalizaba cuando se vaciaba, y en ese lapso el edificio se utilizaba en la parte construida. Esta manera de afrontar la tarea llevó a organizar un crecimiento controlado por tramos de la iglesia. En este sentido había garantías, porque la participación del cabildo de la catedral de Sevilla en la empresa era técnica, y aportaba sus maestros mayores para controlar los diseños, la puesta en marcha de las obras y su conclu-

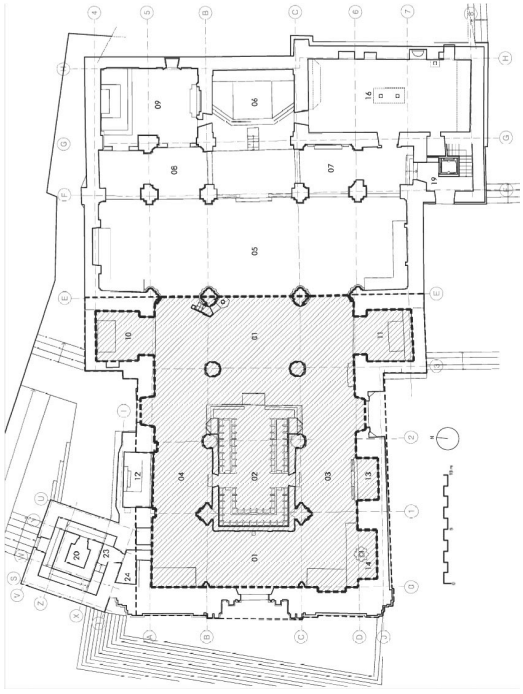


Figura 1
Planta de la iglesia de San Miguel de Morón con situación del área intervenida durante su última rehabilitación

sión provisional, dejando la fábrica en espera para cuando el trabajo pudiera retomarse

Esta forma de actuar llevó a que el templo extendiese su construcción dese comienzos del Quinientos a finales de la siguiente centuria, pasando por ella maestros como el citado Riaño, Martín de Gaínza, Hernán Ruíz II, Lorenzo de Oviedo, Vermondo Resta, y en general los que ocuparon el cargo mayor del arzobispado hasta que se dio por finalizada la obra. Sabemos de la secuencia de estos profesionales por los documentos, en concreto por las Actas Municipales que anotan algunas referencias, aunque el citado día a día resulta ignoto, porque la documentación de fábrica que contendría el propio archivo de San Miguel desapareció en 1936. Sin embargo, entre las actas se conservó un *libro de quentas* que recoge los años de 1527-29,[3] un ejemplar desubicado, que alguien trasladó al ayuntamiento de la localidad quizás para presentar su contenido, justificar los gastos o tomar referencia de ellos, el caso es que gracias a que nunca fue restituido al registro parroquial se conservó.

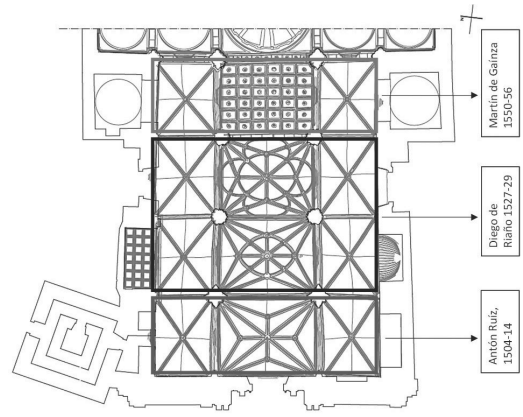



Figura 2
Secuencia constructiva del buque de la iglesia por tramos y maestros mayores que ocuparon su dirección

No es original su recuperación por nuestra parte: fue trascrito y repasado por los profesores Morón de Castro y Fernández Naranjo, que son los máximos conocedores del templo en sus tesis doctorales y consiguientes investigaciones. En el marco de la rehabilitación que se ha llevado a cabo recién por Francisco Pinto Puerto y José María Guerrero Vega, nos propusimos recoger este documento, volverlo a transcribir e intentar sugerir algunas de sus posibilidades. La idea principal era ponerlo en relación con los resultados que paralelamente se estaban obteniendo en esa campaña. El texto recoge los años en los que estuvo

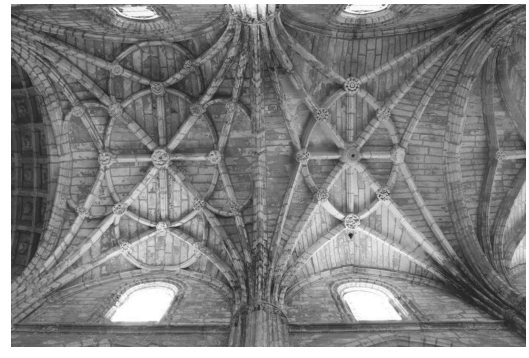


Figura 3
Imagen de los dos tramos centrales de bóveda compuesto bajo dirección de Diego de Riaño[4]

vinculado al templo como maestro mayor Diego de Riaño, aunque aporta mucho más, ya que por encima de su finalidad fiscal permite esbozar los que fueron aquellos días de trabajo, lo general (el momento, el lugar) y lo particular (el oficio, el material, la anécdota). El periodo registrado consigna la construcción de dos tramos completos de la iglesia y el cierre de sus bóvedas.

## *Libro de quentas* de San Miguel de Morón de la Frontera, Sevilla (1527-29)

Conservado en el Archivo Municipal de Morón, es el único documento de este tipo que nos ha llegado.[5] Tuvo que trasladarse de la iglesia como prueba de la contabilidad de fábrica ese periodo, que culminó con los tramos segundo y tercero del buque levantados por Diego de Riaño. Es un volumen encuadernado, compuesto por treinta y dos folios DE pergamino manuscritos por su recto y vuelto. Atendiendo a la diferencia de caligrafías parece hecho por tres manos, en todos los casos veedores que trabajan para San Miguel bajo supervisión de los mayordomos de iglesias, puesto que ocuparon este tiempo Luis de Auñón y Juan Martínez.[6] Ninguno firma como contador o veedor al final de las liquidaciones, simplemente las registran. La propia organización del documento manifiesta que fue un curso concreto, con un inicio y un final previstos, donde se hace balance de gastos y tributos, situación que ponemos en relación con la forma en que se fue construyendo la iglesia, por tramos desde los pies según se disponía de fondos. Para dar fe de la contabilidad y el fin de estas labores varios regidores firman como colofón en calidad de testigos. Por lo tanto, después de junio del 29 hubo una detención programada del proyecto, aunque como veremos se pensó que no sería muy larga porque se acababa de recibir una considerable cantidad de piedra con la que asegurar la provisión en caso de iniciar una nueva fase.

El manuscrito dispone secuencialmente los cargos semanales y las datas anuales. Los primeros se diferencian por semana, seis días de lunes a sábado, aunque no siempre se trabaja todos. Los remates de cada profesional recogen las jornadas que ha echado mano de esos días;[7] el domingo es festivo y tampoco es laborable el veinticinco de diciembre. Las partidas económicas que se adscriben al proyecto provienen de impuestos anuales, repitiéndose los de carnicería, sisa o enterramientos, también se anotan otras rentas no específicas. Durante el periodo se consiguieron alrededor de trece mil maravedíes, desglosados en los meses de diciembre del 27, julio y noviembre del

| 1527 | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEPT | OCT | NOV | DIC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1ª Sm | | | | | | | | | | X | X | X |
| 2ª Sm | | | | | | | | | | X | X | X |
| 3ª Sm | | | | | | | | | | X | X | X |
| 4ª Sm | | | | | | | | | | X | X | X |

| 1528 | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEPT | OCT | NOV | DIC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1ª Sm | **X** | | | | | X | X | X | X | X | X | X |
| 2ª Sm | **X** | | | | | X | X | X | X | X | X | X |
| 3ª Sm | | | | | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 4ª Sm | | | | | X | X | X | X | X | X | X | X |

| 1529 | ENE | FEB | MAR | ABR | MA | JUN | JUL | AGO | SEPT | OCT | NOV | DIC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1ª Sm | X | X | X | X | X | X | | | | | | |
| 2ª Sm | X | X | X | X | **X** | | | | | | | |
| 3ª Sm | X | X | X | X | **X** | | | | | | | |
| 4ª Sm | X | X | X | X | X | | | | | | | |

Tabla 1
Tabla con las semanas de trabajo que recoge el *libro de quentas*, remarcados los pagos a Diego de Riaño

28, y junio del 29. La cifra final es bastante insuficiente para el montante total de la obra, aunque por el contexto general de la documentación conservada se entiende que la financiación corría mayoritariamente a cuenta del cabildo municipal.

No fue un trienio de actividad continua, en total hay movimiento durante dieciséis meses, pudiendo establecerse una secuencia: las primeras inscripciones, entre diciembre del 27 y primeros días de enero del 28, liquidan el salario anual del maestro mayor y atrasos al cantero Agustín de Salamanca, que había estado trabajando el cuatrimestre de octubre a enero. Tras esto hay una ausencia de inscripciones hasta el lunes quince de mayo del 528, cuando se recoge una serie de pagos semanales, nóminas, que alcanza el sábado seis de junio del año 529, cincuenta y una semanas en las que se ejecutaron los tramos segundo y tercero del buque del templo.[8] La información facilita los nombres del maestro mayor y resto de profesionales, capacitación, secuencia de los trabajos, particularidades constructivas, localización de canteras, materiales, medios auxiliares y otras singularidades del proceso diario

Es un documento creado para llevar un control efectivo, ajustarse a un presupuesto o llegado el caso, hacer balance de la inversión y evitar su fraude. Desde esta óptica es exclusivamente contable, pero lleno de datos que propusimos relacionar con nuestra lectura del edificio. Cada cargo, pago o recepción pecuniaria está dispuesto en primera persona del pretérito perfecto, los que anotaban (contadores), eran los que manejaban los fondos. Por sus fórmulas sabemos que formaban parte del trabajo cotidiano, estando a la orden de cuanto se necesitaba: controlan la asistencia de trabajadores, contratan oficios específicos, compran materiales de todo tipo, herramientas, pagan alquileres y hasta se encargan de lo necesario para organizar un almuerzo.[9] Es decir, nuestros contadores también ejercían de veedores de fábrica.

Por su naturaleza fiscal, la misma composición del documento propicia un orden temporal. Las semanas no están encabezadas siguiendo el almanaque -solo alguna está precedida del término *Semana*- pero es fácil secuenciarlas sobre todo en las nóminas, que repiten un esquema jerárquico: párrafos independientes que detallan el nombre del profesional, categoría, cantidad cobrada en razón a los días trabajado, estipendio diario y periodo concreto (día, mes, año). Por lo tanto, cada vez que se paga al aparejador se inicia una semana. Cuando se trata de pagos concretos o gastos materiales no están sujetos a una semana laboral, a una nómina, se desglosa el concepto entre precio total y de unidad; por ejemplo, el pago a un carretero incluye el montante y el precio de cada carretada, los atrasos a oficiales o el precio de una soga, igual.

Respecto a los sistemas de medida, en el texto se emplean diferentes cubicajes referidos al árido y agua porque todo lo que se puede contar aparece descrito en número. En el primer caso se menciona el cahíz y la fanega para materiales como la arena, cal o yeso. La relación entre ambos es de 1/12, con pesos absolutos que rondan 666 y 55,5 l. respectivamente. Una medida recurrente para describir las cantidades de madera o piedra es la *carretada*, que por contratos contemporáneos sabemos que cargaban sesenta arrobas, unos 690 kg. Por último, la *carga* es el término empleado para referir las cantidades de agua dulce y salobre para servicio de la obra, puede establecerse alrededor de 18.5 l.

Mayoritariamente las cantidades económicas se establecen en maravedíes, la unidad monetaria común de la época, aunque también se pague en castellanos, doblones, reales y blancas. Según la metrología numismática contemporánea, estas clasificaciones atendían a los metales de ejecución, doblones y castellanos son de oro, de plata los reales y de vellón (aleación de plata y cobre), o cobre maravedíes y blanca. Las equivalencias entre ellos se corresponden en esos años como sigue: un castellano son 485 mrvs, un ducado son 11 reales y 374 mrvs, un real son 34 maravedíes y una blanca son 0.70 mrvs

Una de las referencias más importantes del *Libro* es la vinculación de San Miguel con Diego de Riaño (*de Arriano*), al que se describe como maestro mayor. Cuando arranca el manuscrito ya habría firmado un acuerdo para la realización de la iglesia, que por lo general llevaría la ejecución de una traza, un parecer con sus condiciones, y su salario. Son cuatro las veces que se le menciona; una para buscarlo en Sevilla y el resto para anotar las cantidades que percibió, de las que pueden extraerse las condiciones de su contrato, evolución y permanencia en obra.

Así, la tercera semana de enero de 1528 el cabildo municipal manda al cantero Agustín de Salamanca con recado al maestro para que se persone en Morón. Pensamos que se le requería para supervisar las tareas que

venía haciendo Salamanca durante el trimestre anterior (cortar piedra), y organizar las siguientes partidas. El 18 de enero recibe Riaño diez mil maravedíes de salario por dos años anteriores, 1526-27; es decir, estaba al frente del proyecto de la iglesia al menos un año antes de la confección del *Libro*. En esta entrada se especifica que aparte de los cinco mil maravedíes anuales recibe dos reales y medio diarios por cada jornada que permaneció en la villa, como fueron tres la suma ascendió a 10.255 maravedíes.

La tercera referencia se registra en la cuadragésima nómina, pagada el sábado cuatro de abril de 1529. La partida no recoge el salario periódico del maestro, sino las cantidades que se le adeudan por los días que había estado en obra desde que principió en mayo de 1528.[10] La cantidad diaria es invariable, 596 maravedíes (2,5 r/d=85 mrvs/d).[11] Por lo tanto, en el transcurso de esos doce meses el maestro estuvo trabajando a pie de campo solo siete días. El precio de su jornada diaria es semejante a la de los aparejadores más cualificados, pero no vivía en la población como el resto del taller que dirige. La última inscripción, de 15/05/1529, liquida la anualidad completa desde la primera nómina: siete mil maravedíes, había recibido un aumento de dos mil respecto a los años anteriores.[12] Creemos que este dato es relevante. El maestro contaba con un contrato blindado que le hacía mantenerse en la catedral de Sevilla, pero cobraba por su diseño y su supervisión.

Sobre los demás oficios, las nóminas arrancan con el pago al de mayor jerarquía siguiendo este orden: aparejador, asentador, oficiales, canteros -que forman el taller- y peones. Según la fuente, los aparejadores *aparejan*, los asentadores *asientan* y los canteros *labran*. Es decir, los primeros se dedican a distribuir, preparar y disponer lo necesario del trabajo, conocen el proyecto. Los segundos colocan la piedra y aploman la fábrica, los terceros dan forma al material. Aunque todos pertenecen a un mismo gremio vinculado a la estereotomía, esas acciones particularizan su quehacer y se traducen en un estipendio diario que organiza el taller. No obstante, entre los grupos existe un grado de especialista que ocupa la figura del oficial; por ejemplo, entre los canteros los comunes cortan y los oficiales tallan y son capaces de intervenir en procesos complejos como el cierre de bóvedas. El último estadio lo componen los peones que en San Miguel fueron ciudadanos libres o esclavos de la oligarquía local al servicio de la obra y sus agentes.

Los aparejadores, (*aparador* según la fuente) son los profesionales de mayor cualificación, oscilando su sueldo diario entre ochentaicinco y ochenta maravedíes.[13] En el texto se mencionan por orden cronológico a Hernando de Morgna, Francisco de Buelta y Martín de Gaínza. Cuando aparece el primero en quince de mayo de 1528 dan comienzo los trabajos (es la primera nómina pagada). Participó cuatro semanas incompletas y cobró la máxima cantidad, equiparándose su paga a la recibida por el maestro mayor por estancia diaria.[14] Francisco de Buelta ocupa su sitio desde el nueve de junio, justo cuando abandona Morgna, con el que coincide un día. Desde entonces se mantiene cuarenta y cinco semanas encabezando las nóminas, aumentando su salario de ochenta a ochentaicinco maravedíes, cifra que recibe los últimos pagos en reales de plata (2,5 r/d) hasta que abandona la penúltima semana.[15] Es interesante su papel en la documentación, en todo momento se le denomina *aparador*, incluso cuando coincide con Gaínza. Se entiende que es el cargo más elevado en la jerarquía del oficio: es al único que se llama así mientras está presente, el que más cobra y el primero que percibe el jornal. Por esta circunstancia Martín de Gaínza, parece que estuviese un peldaño por debajo. Pese a trabajar como aparejador como traduce su salario, en la fuente solo aparece así descrito cuando no está Buelta, por lo común se le define como *oficial*, incluso c*antero*, aunque su retribución esté por encima de estos. Durante su etapa en Morón recibió siempre ochenta maravedíes al día.

Se trata de una participación intermitente, en total quince semanas que pocas veces ocuparon los seis días de laboro. Ese lapso se puede dividir en tres periodos: las tres últimas de octubre, de la segunda mitad de noviembre del 28 a febrero del 29, y las tres últimas entre mayo y junio del mismo. Por los datos que desliza el *Libro*, hay coincidencia en el primero con la pavimentación de una capilla (*una bóveda*), en el segundo con la instalación de una grúa y el remate de unos arbotantes,[16] y en el tercero con la certificación final de la obra. Es decir, su estancia se concreta en momentos puntuales, posiblemente en el cierre de las bóvedas y el remate final, cuando ya no está su antecesor.

El siguiente tramo profesional lo componen los asentadores, en San Miguel conocemos la participación de Martín de Alvisto y Pedro del Valle. Según su oficio colocaban los sillares para levantar la fá-

brica, de manera que necesitaban de abastecimiento de piedra cortada a pie de obra para ejercer. Es posible que a esta circunstancia se deba que no aparezcan en nómina varias semanas (quince); tanto porque su trabajo pudiera asumirlo el aparejador o un cantero, como por falta de material. De ambos casos tenemos ejemplos en el *Libro;* por ejemplo, de mayo a junio del 28 no se tiene constancia de asentadores porque se estarían ejecutando las cimentaciones de los pilares centrales, tarea que podían realizar los oficiales que estaban en Morón. Si es así la primera presencia de Martín de Alvisto significaría que se habían empezado a levantar los soportes.[17] Respecto a la falta de material se puede poner en contexto el mes de noviembre de 1528 en el que tampoco se registra ningún asentador, y cuando lo hace, -Pedro del Valle- acababan de llegar varias carretadas de piedra.

Alvisto y del Valle trabajan por separado hasta el mes de febrero de 1529, desde ahí comparten faena hasta que se cierran las nóminas en junio; en total Alvisto cobró veintiséis y del Valle veintiocho.[18] En cuanto a su capacitación, cuando trabajan por separado cobran ochenta maravedíes por cabeza (como Gaínza); desde que concilian sus salarios se vieron reducidos a setenta y cinco y setenta respectivamente, lo que indica cierta capacitación o antigüedad de uno sobre otro.

El tercer grupo y más numeroso es el de canteros. Sus salarios siguen un rango jerárquico: Pedro de Mondragón, Pedro Palacios, Rodrigo Montañés, Juan Montañés -a los que a veces se define como oficiales-, Juan de Gaínza, Juan Vizcaíno y Agustín de Salamanca.[19] Los oficiales empiezan cobrando 65 mrvs/d, aunque se les restan cinco a media obra, los comunes se establecen en 55/d.[20] La diferencia entre ambos estaba en la maestría que alcanzaban en la forma, unos podrían considerarse tallistas, mientras que los otros formarían parte de un grupo más basto, capaces de moldear un sólido según una forma prescrita.[21] La tónica general es que trabajen tres o cuatro canteros por semana, pero es factible que solo lo hagan dos. El número tiene que ver con la presencia en obra de los asentadores; mientras que no hubo ninguno había cuatro canteros de los que tres eran oficiales. Cuando aquellos se incorporan (uno), los canteros bajan a tres, de los que dos son oficiales. Los últimos meses incluso se reduce a dos, coincidiendo con el momento en que la pareja Alvisto - del Valle está trabajando junta.[22]

De todos los canteros el que se mantuvo las cincuentaiuna semanas consecutivas fue Agustín de Salamanca. Incluso antes, puesto que el manuscrito lo sitúa desde el primero de octubre de 1527 al diecinueve de enero siguiente trabajando, cobrando medio ducado semanal [23] (187 mrvs). No sabemos con detalle en qué invirtió ese tiempo, pensamos que bajo orden de Riaño estaría sacando piedra de la cantera, que conocería bien y le habría permitido estar vinculado al proyecto desde su gestión.

Si la diferencia de canteros está entre los que labran y los que tallan, estos últimos serían los oficiales. En San Miguel trabajan Pedro de Mondragón (22 semanas), Pedro de Palacios (7), Rodrigo de Montañés (40) y Juan Montañés (20). De sus manos tuvieron que salir el par de parejas de pilares de la nave central, molduras, arquivoltas de los vanos del claristorio y elementos de las bóvedas en los tramos segundo y tercero (terceletes, combados, ligaduras y claves). Para terminar con este grupo cabe mencionar que se pagó tres veces a un cantero externo, Miguel Sánchez, por piezas de piedra particulares, en total 193, que pensamos pudieron ser tallas como claves de las bóvedas, capiteles, molduras, etc.

El último escalafón lo componen los peones, personal no adscrito a la obra, ajeno al taller establecido en la villa -aparejador, asentadores, canteros-. Son vecinos o forasteros sin capacitación reconocida diferenciados por su condición libre o esclava. Cobran cuarenta maravedíes al día, aunque los libertos reciben su jornal en mano y por el trabajo de los cautivos cobran sus propietarios, de hecho, ni siquiera se escribe su nombre en el registro. Sabemos que servían de apoyo a canteros y asentadores, iban y venían llevando portes, mandados y asumiendo las tareas menos cualificadas.

Estos configuran de manera estable los pagos semanales, pero aparte el *Libro* recoge la actividad de profesionales que participan en situaciones concretas: carreteros que traen materiales, carpinteros y herreros que preparan infraestructuras, albañiles que reparan desperfectos. Proceden del propio Morón o municipios relativamente cercanos, como Utrera, Osuna, Arahal, Villamartín. Solo se conoce el caso de un oficial que vino desde una localidad lejana del antiguo Reino de Sevilla, el carpintero Francisco López de Antequera, que lo hizo para montar la grúa. Por la finalidad fiscal del documento su presencia puede parecer anecdótica, son agentes que van y vie-

nen según la necesidad, pero es interesante juzgar su aportación de manera trasversal porque permite esbozar una cronología del proceso constructivo. En esto ayuda mucho el vocabulario utilizado que recoge acciones y elementos propios del gremio: *enzimbrar*, *rrestender*, *armar*, *asolar*, *apincelar, borbotante, rriostres, tixeras, zymbra…*

Entre este grupo los más mencionados son los carreteros, importantes por dispensarse los materiales principales- piedra y madera- vía terrestre. La piedra proviene de las canteras de Moguerejo, paraje del actual pueblo de Montellano que entonces formaba parte de la jurisdicción de la villa y era propiedad de los condes de Ureña, como consta de algunos contratos catedralicios contemporáneos. Las condiciones de explotación debieron recogerse en un acta, y también sería registrado el acuerdo con el asentador de cantera que asumió la saca de piedra, sus condiciones y cantidad determinadas.[24] Aunque para afrontar esta fase en la obra de San Miguel debieron existir ambos acuerdos, lo que sabemos sobre el abastecimiento de roca se desliza de la actividad de los carreteros y las huellas que permanecen en la fábrica.[25]

En el *Libro* se registran ocho pagos alternos, cada uno con el montante general y el precio particular por carretada, entre cuatro y cuatro reales y medio.[26] Son varios los carreteros que hacen el camino entre Moguerejo y San Miguel, incluso se pagó a un guía para orientarlos durante la décimo séptima semana. Aproximadamente recorrían veinticinco kilómetros, una jornada entre la cantera y obra. Si volvemos a tomar como referencia los contratos coetáneos vemos que cada carro cuadraba a sesenta arrobas. Se pusieron en obra seis mil cuatrocientas ochenta que equivaldrían a unas setenta y cinco toneladas, al precio de cuatrocientos setenta y dos reales (la arroba tiene un peso equivalente a 11.5 kg, cada carretada cargaría 690 kg. Noventa sumarían 62.100 kg).

El régimen de llegada de piedra no fue constante, entre seis y ocho carretadas por pago, aunque hay dos picos: en noviembre de 1528 que vinieron cincuenta y dos (coincidiendo con el montaje de la grúa y la contratación de más oficiales); y la última semana que arribaron dieciocho, para asegurar el abastecimiento cuando reiniciasen los trabajos, aunque esto no se produjese hasta mediado el siglo XVI.

Las carretadas de madera vinieron de la sevillana Utrera, a unos treinta y seis kilómetros. Costaban más caras que la piedra, ocho reales y medio, pero se trataba de un material indispensable para los elementos auxiliares. En el documento se describen liquidaciones de *palos, tablas, vigas, mástiles, tixeras, rriostres*[27] o en general *maderas*. Enlazando sus pagos con otras acciones desarrolladas inmediatamente después podemos averiguar su destino en el proceso. Por ejemplo, buena parte se empleó en la ejecución de andamios a los que se alude directamente, pero es interesante mencionar un par de partidas vinculadas al montaje de la grúa y la colocación de cimbras y tablados.

Respecto a la primera, a finales de noviembre se reconoce una cantidad importante de madera con la que montarán el ingenio los carpinteros Cristóbal Martín y Francisco López las dos primeras semanas de diciembre.[28] Hasta ese momento se había trabajado con una rueda más pequeña, de la que tenemos noticia por pagos para su reparación, pero el montaje de la grúa disparó la edificación desde el primer cuatrimestre del año 29, hasta el punto que cuando finaliza abril ya estaban cerrados las bóvedas centrales de ambos tramos.

Vinculada está la instalación de las cimbras y los *entablados*, plataformas desde las que trabajar cerrando bóvedas. Es difícil establecer una secuencia de los acontecimientos, aunque haya datos que inviten a lanzarse. Por ejemplo, la disposición de los atanores de desagüe de los arbotantes puede indicar que los claristorios estaban terminados en febrero de 1529. Para construirlos era necesario que estuvieran hechas las dos parejas de pilares centrales y las cubiertas de las naves laterales, sirviendo su azotea de espacio de trabajo.[29] En este punto restaría cerrar los tramos centrales, es decir aparejar las dos bóvedas de crucería con terceletes, combados y ligaduras. Si cruzamos los resultados de nuestro análisis arqueo-arquitectónico, vemos como no hay ruptura entre ambas cubiertas, lo que nos lleva a pensar que se hicieron al alimón desde las cimbras y entablados que se montaron los meses de marzo y abril del año 29, según esta teoría las dos bóvedas centrales se cerraron en dos meses.

Los materiales comúnmente comprados son cribas, sogas, escodas, espuertas, jabones y cebo para encerar maromas y ruedas, resina de pez para pegar piedra, tinajas, sierras y clavos. También son frecuentes las partidas de agua dulce para servicio de oficiales y salobre, que se emplearía para formar argamasas. Por último, destacan los pagos a la rentista Juana Muñoz, que alojó a los miembros del taller -aparejador, asenta-

dores y canteros- recibiendo dos pagos de nueve y siete y medio reales por los once meses que estuvieron en su casa. No hay más datos de las condiciones de estos profesionales, que sabemos vivían juntos y cobraban sueldos según su especificación.

A continuación, se presenta la transcripción que hemos realizado del *Libro* para nuestro trabajo, debemos recordar que en el manuscrito no existe ninguna división cronológica, las particiones semanales las hemos realizado para facilitar el entendimiento del texto. También hay algunas entradas que hemos reducido al nombre del profesional y su cobro para no repetir el mismo protocolo que sigue el documento. Para mayor facilidad en el reconocimiento de las semanas y las nóminas se adjunta tabla pormenorizada.

## Notas

1. E.T.S. Ingeniería de Edificación, Universidad de Sevilla. ORCID ID: 0000-0003-2784-2438. Grupo de Investigación: Estrategias de conocimiento patrimonial. (ECP), HUM-799.
2. La parroquia de San Miguel de Morón de la Frontera ha sido estudiada histórica y constructivamente a través de trabajos de investigación materializados en Tesis Doctorales, monografías e informes técnicos. Entre las primeras destacan las de los doctores de la Hispalense María Fernanda Morón de Castro (1995) y Juan Antonio Fernández Naranjo (2004). Ambos llevan a cabo un recorrido por las fuentes documentadas de la iglesia y ofrecen una lectura diacrónica del templo; aunque difieren sus conclusiones que se basan en la filiación estilística y el análisis arquitectónico respectivamente. Decir tan poco es obviamente una osadía, porque ambos supusieron esfuerzos enormes para sus autores y han abierto abundantes líneas de investigación en sus departamentos. En relación a los trabajos técnicos podrían destacarse los estudios de Francisco Pinto Puerto y José María Guerrero Vega, doctores y profesores de la Universidad sevillana, responsables de las últimas rehabilitaciones que se han abordado en la iglesia (Pinto y Guerrero 2009; Pinto 20013). Al Dr. Pinto Puerto se debe la más reciente aportación al estudio del proceso constructivo de la iglesia fue realizada en el marco del simposio Diego de Riaño, Diego de Siloe y la arquitectura en la transición del Gótico al Renacimiento, celebrado el mes de noviembre de 2020.
3. Esta documentación, así como el libro de quentas al que aludiremos a continuación, se encuentra a disposición en el Archivo Municipal de Morón de la Frontera (AMMF).
4. La superficie ocupada por la última rehabilitación de la iglesia de San Miguel en Morón de la Frontera, ocupan el buque de la iglesia, de planta de salón con tres naves, la central más elevada, y cuatro tramos separados por arcos apuntados sobre pilares fasciculados de diferente sección. Las laterales están cubiertas por bóvedas de crucería simple, mientras que las centrales combinan las sexpartitas con terceletes (primer tramo), terceletes y combados (segundo y tercero) y de nervios cruzados (cuarto tramo). El libro de quentas al que se aludo en el artículo recoge la construcción de los tramos segundo y tercero.
5. AMMF. Libro de cuentas, 1527-29. Fols. 1-32r.
6. En los textos anteriores el mayordomo de iglesias ocupaba el cargo de veedor y permanecía a pie de obra. No era exclusivo para San Miguel, sino para el conjunto de las parroquias de Morón. Desde el segundo tercio del XVI este trabajo queda delegado, como demuestra el Libro.
7. La asistencia a la obra era un de las funciones que los veedores asumían, de ahí su implicación en el día a día.
8. Esta secuencia semanal va de la tercera semana de mayo de 1528 a la primera de junio del 29. En ese lapso solo se detuvo el ritmo de trabajo una vez, previsiblemente por falta de piedra.
9. Por ejemplo, el día 8 de agosto de 1528 (décima semana de trabajo), se compra una cordila y una polla (un atún y una gallina) para almorzar, posiblemente se celebrase la festividad de Santo Domingo de Guzmán.
10. Desde 15/05/1528 a 18/04/1529
11. En adelante r/d: Reales por día; mrvs/d: maravedíes por día
12. La anualidad va del 15 de mayo de 1528 al del 1529. Cobra anualmente una cantidad establecida, aunque recibe un aumento de dos mil mrvs, y tenían la obligación de visitar la obra un número concreto de días (tres), los que fuesen necesarios se cobraban aparte.
13. Según las Ordenanzas de oficio de la catedral de Sevilla el aparejador se encargaba de organizar los tajos y piedra entre los asentadores que la colocaban y los canteros que las tallaban. Están presentes en todo momento en obra, conocen el proyecto y asumen las decisiones a tomar. Son la máxima autoridad tras el maestro mayor (Rodríguez 1998, 299)
14. Morgna trabajó la primera semana siete días, la segunda cinco, dos la tercera y solo uno la cuarta. Desde entonces desaparece del registro asumiendo este papel Francisco de Buelta.
15. Desde que entró como aparejador en San Miguel Francisco de Buelta se ausentó solo dos semanas, la primera de noviembre de 1528 (vigésimo tercera) y la que media entre mayo y junio del 29 (quincuagésimo primera y última).
16. El pago del montaje de la grúa se efectúa la vigésimo novena semana, entre los días 14-19 de diciembre de

1528. La siguiente se tiene que arreglar una bóveda que se había hundido. Los arbotantes se rematan con unos atanores entre el uno y el seis de febrero de 1528, semanas todas en las que estuvo presente Gaínza.

17. La primera presencia de Martín de Alvisto podría sugerir que se estaban montando los pilares.
18. Alvisto y Valle comparten trabajo desde el primero de febrero de 1529, momento en que se están poniendo los desagües de los arbotantes. Salvo un par de nóminas puntuales permanecen trabajando juntos hasta el final del ciclo en junio. Antes Alvisto estuvo trabajando como asentador único nueve semanas de junio a septiembre del 1528, y Pedro del Valle diez, de finales de noviembre a finales de enero del 29.
19. Su participación en la obra es la siguiente: Pedro de Mondragón veintidós semanas, Pedro Palacios siete, Rodrigo Montañés cuarenta, Juan Montañés 20, Juan de Gaínza y Juan Vizcaíno dos, Agustín de Salamanca estuvo todo el ciclo, las cincuenta y una semanas de mayo del 28 a junio del 29, en su haber también estuvo el trabajo que realizó de octubre a diciembre de 1527
20. Los canteros no oficiales, Juan Montañés, Juan de Gaínza y Juan Vizcaíno, cobran durante su primera semana en obra 51 mrvs/d, estableciéndose la segunda en 55/d. Esta remuneración la mantuvo siempre Agustín de Salamanca, el profesional que había permanecido más tiempo en obra. En esta franja laboral resulta significativo el tránsito de cantero a oficial de Juan Montañés, desde su primera aparición la semana del 21-24/12/1528 a la del 3-8/02/1529. En ese lapso la penúltima semana no está en Morón, pudo ir a examinarse a Sevilla.
21. En el caso de Morón la diferencia en el gremio está entre los que son específicamente asentadores y los canteros, en los que puede haber un matiz de especialización en el término oficial. No obstante, la diferencia está en el salario por jornada.
22. Los canteros que arrancan desde la primera nómina son Pedro de Palacios, Pedro de Mondragón, Rodrigo de Montañés y Agustín de Salamanca, los tres primeros oficiales cobrando 65 mrvs/d. Cuando se incorpora el asentador Martín de Alvisto abandona el cuerpo de canteros Pedro de Palacios, las veces que se incorpore Martín de Gaínza también se caerá uno de los canteros.
23. Habida cuenta que recibe durante el registro nominal cincuenta y cinco maravedíes, es de suponer que esos meses solo se le pagara por tres días y medio a la semana
24. Así se recoge en los documentos del Fondo Gestoso del Ayuntamiento de Sevilla publicados por Rodríguez Estévez respecto al permiso y saca de la cantera de Moguerejo para el Ayuntamiento de Sevilla (Rodríguez 1994, 393).
25. Estos acuerdos se cerrarían antes de la fecha de partida del Libro. Los primeros pagos registrados son del último trimestre del año 1527, pero recordemos que Riaño cobraba como maestro mayor desde 1526. Tuvieron que firmarse antes para ir disponer la piedra necesaria antes de arrancar las nóminas en mayo del 28.
26. Los pagos se producen la cuarta semana (seis carretadas), décimo séptima (4), el día 10/11/1528 (61), la vigésimo séptima semana (6), cuadragésimo primera (8), cuadragésimo octava (5) y quincuagésimo primera y última (18). El orden semanal puede verse en el texto transcrito o las tablas que acompañan como anexo
27. La tixeras son cruces de San Andrés montadas para afianzar el tablado de asiento necesario para instalar la bóveda, los rriostres son elementos que servían para acodalar y fijar todo tipo de estructuras, desde plataformas a andamios
28. La partida de madera se pagó en veintiocho de noviembre del 1528, la semana del 14-19 de diciembre se pagó la hechura del ingenio a los carpinteros Francisco López, de Antequera (9 días a 2,5 reales cada uno) y Cristóbal Martín, de Morón (14 días a dos reales, entre otras labores hizo dos roldanas).
29. Una de estas bóvedas laterales se hundió en el lapso de noviembre a enero de 1529. En 24 del primero se registra un pago al tejero Diego morillas por tres mil ladrillos para solar las capillas, es decir estaban pavimentadas con un firme latericio (lo que no tenemos noticia es que este asentase sobre loza quebrada como era normal en el ámbito hispalense); poco después el albañil Antón Sánchez lo arregla porque se había hundido.

## Lista de referencias


Clemente Rodríguez, J.C. 1998. *Los canteros de la Catedral de Sevilla del Gótico al Renacimiento*. Sevilla 1998.

Fernández Naranjo, J.A. 2004: *La iglesia de San Miguel Arcángel en Morón de la Frontera. Síntesis de arquitecturas.* Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla

Jiménez Martín, A. 2013. *Anatomía de la catedral de Sevilla*. Diputación de Sevilla.

Morón de Castro, M.F. 1995. *La Iglesia de San Miguel: cinco siglos en la historia de Morón de la Frontera (XIV-XVIII)*. Sevilla, 1995

Pinto Puerto, F. 2013, Aportaciones al análisis constructivo de fábricas antiguas: La capilla de La Antigua de San Miguel en Morón (1538). *Informes de la Construcción*, Vol. 6: 163-174.

Pinto Puerto, Fco. y J.M. Guerrero Vega. 2009. Estudios previos a la intervención en la capilla de la antigua iglesia de San Miguel, en Morón de la Frontera (Sevilla). *ARQ-ARQ* 6: 267-286

# Técnicas de construcción hispano-indígenas en el acueducto de Huejotzingo, México

Pedro A. Muñoz Sánchez

El contacto entre los mundos americano y europeo que tuvo lugar en el siglo XVI dio inicio a una serie de transformaciones de enorme magnitud, que prácticamente abarcaron todos los aspectos de la vida de las personas que los habitaban. En particular, las sociedades indígenas de América se vieron expuestas a una serie de aceleradas transformaciones, rara vez exentas de dolor y conflicto; difícilmente hubo un aspecto de la vida de estos pueblos que no fuera alterado. Sin embargo, este encuentro trajo consigo intercambios culturales que también generaron oportunidades para la producción de obras únicas, fruto de la colaboración y el trabajo en conjunto de personas de muy diverso origen. En el presente trabajo pretendo dar a conocer el que considero es un destacado ejemplo de este tipo de obras: el acueducto que abasteció a la ciudad y el complejo conventual de Huejotzingo, construido a mediados del siglo XVI. Mi propuesta es que se trata de una obra que aprovecha los conocimientos en materia de sistemas hidráulicos y constructivos tanto de origen mesoamericano como europeo, aún en una etapa temprana de compenetración. En efecto, para el momento en que se construyó este acueducto, los trabajadores de Huejotzingo comenzaban a familiarizarse con los conocimientos de estereotomía, lo que les permitió combinarlos con técnicas originarias de América, poco frecuentes en Europa. Al mismo tiempo, los canteros europeos que muy probablemente colaboraron en la obra estaban habituados a trabajar en contextos multiculturales, lo que seguramente les permitió apreciar las ventajas de aprovechar los conocimientos de sus pares indígenas. Esto dio origen a una construcción de una gran originalidad, única porque demuestra un grado de integración de los conocimientos de ambos grupos distinto al que puede verse en otros acueductos de esa época. Para demostrar esto, describiré en primera instancia cuál era el contexto en que se encontraba Huejotzingo cuando entró en contacto con los españoles y comenzó el proceso de evangelización. Posteriormente describiré las problemáticas respecto al abasto de agua que tenía el antiguo señorío prehispánico, y cómo estas se vieron agravadas cuando se llevó a cabo la congregación de todos los pueblos que lo conformaron en una nueva urbanización. Después describiré el sistema hidráulico que construyeron para solucionar estos problemas, haciendo énfasis en el último tramo de este: un tramo elevado que abastece al antiguo convento franciscano.

## Contexto histórico

A principios del siglo XVI Huejotzingo era uno de los más importantes *altépetl*[1] en la zona del valle de Puebla; sin embargo, su importancia había entrado en un prolongado proceso de declive cuando el ejército de Hernán Cortés y sus aliados indígenas llegó a su territorio en 1519. Por su ubicación geográfica, justo a

la mitad del camino entre el Valle de México y el de Puebla, Huejotzingo entró en conflicto con las potencias de ambas zonas, tanto con la triple Alianza de Tenochtitlan, Texcoco y Tlacopan en el valle de México, como con Tlaxcala y Cholula en el de Puebla, donde frecuentemente cambiaba de bando en el intrincado juego de alianzas de finales del periodo prehispánico. Cuando los huejotzincas se enteraron de la llegada del ejército de Cortés, rápidamente se aliaron con él, con la esperanza de cambiar a su favor el juego de poderes de la región. Para contextualizar el periodo de interés de esta disertación basta decir que, gracias a esa alianza temprana y leal, Huejotzingo se vio premiado con la ubicación de uno de los primeros cuatro conventos que se fundaron en la Nueva España en 1524, y por tanto se volvió pronto un centro desde el que irradió la influencia cultural europea, con su nueva fe cristiana, y los enormes cambios que todo esto conllevó.

> Una de las más perdurables transformaciones que sufriría este antiguo altépetl fue la movilización de su población, congregada en un nuevo asentamiento de más fácil acceso. A principios del siglo XVI las cabeceras y los *calpulli* de Huejotzingo se habían replegado a la zona de barrancas al pie del volcán Iztaccíhuatl en el valle de Puebla-Tlaxcala, en busca de mejores condiciones defensivas, una clara muestra de su retroceso militar en ese momento. Esta situación geográfica dificultaba tanto la labor evangelizadora de los frailes como la capacidad de las autoridades civiles coloniales de recaudar tributos. Por ello, probablemente entre 1524 y 1532 se realizó un primer desplazamiento de población desde la zona de barrancas hacia los llanos ubicados al pie del volcán Iztaccíhuatl. Este desplazamiento tuvo seguramente un alcance limitado ya que, en 1552, a petición de los señores de Huejotzingo, el virrey Luis de Velasco otorgó al altépetl el permiso para trasladarse a las tierras llanas donde actualmente se ubica la población (Brito Guadarrama 2009, 111).

## El problema del agua

Esta doble congregación reunió en una única zona urbana una población que antes se encontraba dispersa, lo que entre otras cosas ocasionó que la presión sobre los recursos hídricos se concentrara en la nueva urbanización. Hasta entonces, la población de Huejotzingo, que para mediados del siglo XVI promediaba 40 000 habitantes (Brito Guadarrama 2009, 157-158), habitaba varios pueblos separados por las cañadas formadas por los escurrimientos producto del deshielo estacional de los glaciares del volcán Iztaccíhuatl. Esto ocasionaba una situación peculiar respecto al acceso al agua. Cada uno de estos pueblos estaba en el terreno plano en lo alto de las lomas, mientras que el agua corría por el fondo de las barrancas. Como lo describió Hanns Prem, así «era posible reducir la distancia horizontal entre los poblados y arroyos, [pero] por la exigida situación de altura de los primeros hubo que conformarse con una gran distancia vertical entre ambos» (Prem 1975, 33). Por tanto, para acceder a este recurso era necesario comprometer una gran cantidad de medios humanos, lo que limitaba a un mínimo la cantidad de agua disponible para los pobladores (Prem 1975, 33). Era evidente que, para garantizar el éxito de la congregación llevada a cabo en 1552, se necesitaría asegurar un acceso eficiente al agua, dada la demanda que implicaría la gran cantidad de población que se esperaba reunir en el nuevo asentamiento. Es de suponerse que un sistema hidráulico que resolviera estos problemas comenzó a construirse de manera simultánea al inicio del proceso de traslado de la población a mediados de la década de 1550, aun cuando no se cuente con evidencia documental para aclarar esas fechas.

## Descripción del sistema hidráulico

La mayor parte del sistema de canalizaciones que condujo el agua hasta la nueva urbanización del Huejotzingo congregado se encuentra actualmente en mal estado. Sin embargo, me ha sido posible identificar el posible trazo en la mayor parte del recorrido, el cual describiré a continuación y puede verse en la figura 1. Para su mejor comprensión voy a dividir la descripción del recorrido en tres tramos: primero el punto de captación de agua; después el tramo que comprende la canalización del agua hasta la zona urbana; finalmente, en el tercer tramo describiré cómo se distribuía el agua al interior de la ciudad. Será en este tercer tramo en el que centraré mi atención por ser en el que mejor se aprecia la incorporación de técnicas constructivas hispanas e indígenas.

> En primer lugar, el punto de captación se ubica al final de una cañada llamada Apitzato, al norte de lo que hoy

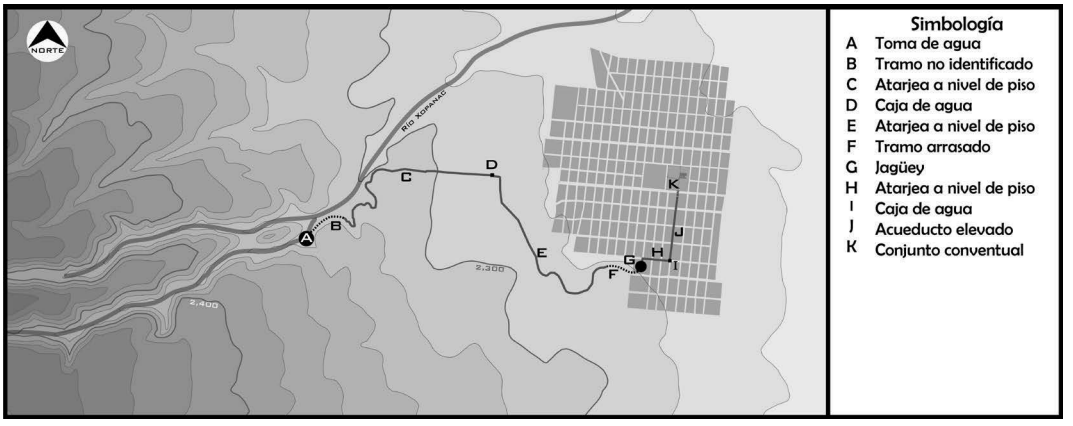



Figura 1
Mapa de la hipótesis de trazo del sistema hidráulico de Huejotzingo. Dibujo por Pedro A. Muñoz

es el pueblo de San Juan Pancoac (ver figura 1, letra A). Debido a la erosión la toma original ya no se conserva, y es difícil localizar su ubicación con precisión. No obstante, esa cañada parece un punto ideal debido tanto a sus condiciones topográficas, que facilitaban realizar un embalse, como al hecho de que, al ser este el punto desde donde se abastecía el asentamiento prehispánico se aprovechó algunas de las obras de infraestructura de aquel periodo, así como del temprano colonial (Prem 1975, 33-34).

A partir de allí daba comienzo la canalización que conforma el segundo tramo que planteo (ver figura 1, letras B a F). Hasta ahora me ha sido difícil identificar qué fragmentos de este recorrido son originales del siglo XVI, pues sin duda el canal ha estado sujeto a modificaciones. El trazo propuesto en el plano muestra los restos de la canalización que he podido identificar. En un primer tramo el agua se conduce a través de una atarjea de mampostería a ras de piso, que sigue una dirección noreste, de manera más o menos paralela al río Xopanac. Hanns Prem identificó indicios del empleo de canoas –un sistema de troncos ahuecados que permitían conducir el agua por encima de algunos claros– en este primer tramo (Prem 1975, 34). Aparentemente este tipo de soluciones eran comunes en la región, pues su uso se menciona con frecuencia en las *Actas del Cabildo de Tlaxcala,* donde se hace referencia a ellas con el nombre náhuatl de *aquauitl* (Solís, Valencia R. y Medina Lima 1985, 291). A continuación, la atarjea se desvía en línea recta al este, a un costado de una moderna carretera. Este cambio drástico en el trazo me lleva a pensar que posiblemente este tramo se trate de una modificación reciente. A continuación, el recorrido de la atarjea gira de nueva cuenta al sur, siguiendo la pendiente natural del terreno hasta que, al acercarse a la zona urbana actual se pierde, pues ese último tramo se encuentra arrasado.[2] Salvo el tramo en donde la atarjea sigue el trazo de la carretera (que como dije posiblemente es una modificación reciente), el trayecto de la atarjea a ras de piso evita las líneas rectas. En cambio, sigue la topografía natural del terreno, seguramente buscando una pendiente suave y constante, gracias a lo cual se evitó la necesidad de construir obras complementarias para modificar la velocidad del agua. Solamente he localizado una caja de agua que parece haber funcionado como depósito de sedimentación para controlar su pureza, si bien hay que señalar nuevamente que es difícil saber si originalmente existieron otros instrumentos de este tipo a lo largo del recorrido. Esta atarjea a ras de suelo llega finalmente a un depósito llamado jagüey que aún se conserva al suroeste de la urbanización actual, donde da inicio lo que designé como tercer tramo.

El tercer tramo comienza por tanto en el jagüey, que al ser el depósito principal dentro de la ciudad se encuentra en el punto más alto del recorrido intraurbano (figura 1, letra G). A partir de allí el agua se conducía en dirección oriente, a través de una línea de tuberías siguiendo el trazo de una calle, hasta una caja de agua ubicada en el cruce de las calles que hoy

llevan el nombre de Acuña y Avenida de los Arcos. Esta caja de agua, que también funcionaba como depósito de decantación de arenas, constituía el punto desde el cual comenzaba la parte final del recorrido del acueducto, en el cual centraré mi interés. Se trata de un acueducto elevado que permite sortear el desnivel natural del terreno, conformado por un inusual sistema de muros-acueducto valiéndose de tres arquerías solo para salvar el paso de tres calles que cruzan perpendicularmente la trayectoria del acueducto. Todo el tramo elevado recorre aproximadamente 625 m en dirección sur a norte, ganando altura hasta alcanzar un desnivel máximo de 4 m aproximadamente al final del recorrido. Finalmente, el acueducto remata en un sifón invertido, que conduce el agua por un trayecto subterráneo de 60 m, salvando parte de un predio y una ancha calle. El sifón eleva el agua nuevamente hasta la barda atrial del conjunto conventual, donde se distribuía por la corona de los muros, formando un sistema hidráulico que proveía a una fuente en ubicada en el claustro del convento, a otra fuente en la plaza principal y a cuatro fuentes que se ubicaban en las cuatro esquinas del conjunto conventual. De todas ellas, solo se conservan la fuente del claustro y dos de las ubicadas en las esquinas del conjunto (figura 2).

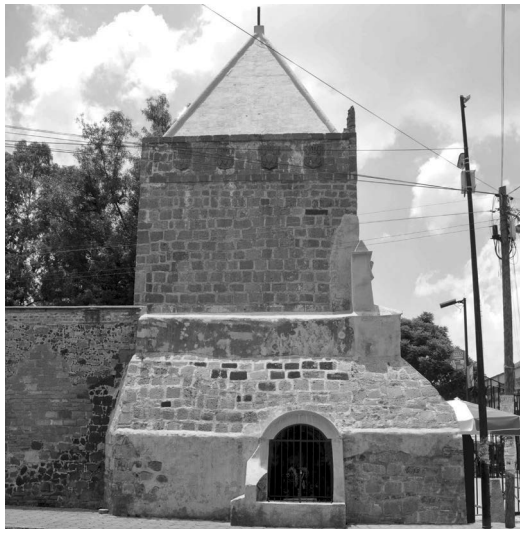


Figura 2
Fuente en la esquina noroeste del atrio conventual. Fotografía por Pedro A. Muñoz

## Tecnologías constructivas en el tramo elevado del acueducto

En este punto voy a profundizar en las tecnologías constructivas empleadas en la construcción del tramo elevado del acueducto (figura 3). Como he mencionado, este último tramo se sirve de diversas técnicas de construcción para mantener la corriente de agua a la altura necesaria para llegar al final de su recorrido al sistema de distribución al interior del convento. Recapitulando, el tramo elevado inicia en una pileta que sirve como decantador; a continuación, se intercalan cuatro tramos de muros-acueducto, y tres arcadas para finalizar en un sifón, el cual abastecía al sistema hidráulico del convento franciscano y a todas las fuentes que dependían de él. El muro-acueducto es sin duda una solución poco común para la construcción de acueductos.[3] Otros sistemas hidráulicos de la región, similares en cuanto a escala y temporalidad, como son los de Tecamachalco, Tepeapulco y Tochimilco, emplean tramos de arquerías mayores para salvar accidentes del terreno de alturas similares a las que se enfrentaron los constructores del acueducto de Huejotzingo. Estos tres acueductos, junto con el famoso acueducto del padre Tembleque, son algunos de los ejemplos más relevantes de obras hidráulicas coloniales construidas para abastecer las nuevas ciudades indígenas recientemente congregadas. Los muros-acueducto de Huejotzingo están conformados por secciones de bardas construidas con bloques de adobe o bien de piedra arenisca, alternados con pilastras de piedra empotradas como elementos estructurales de refuerzo, cuya función parece ser la de rigidizar y confinar los tramos de mampostería, así como absorber parte de los esfuerzos horizontales (figuras 4 y 5). Este sistema constructivo resultó a la larga poco funcional, pues privó a todo el frente de los predios con los que colinda de un acceso a la calle. Seguramente este no fue un problema en la época en que se construyó el acueducto, cuando los predios eran más grandes y tenían acceso por las otras calles. Pero conforme los predios con los que colinda se han densificado y subdividido, han demandado nuevos accesos desde la calle que el muro-acueducto obstruye, por lo que se han abierto entradas sobre estos muros, perforándolos o demoliendo tramos completos. Esta condicionante ha sido el principal factor que ha llevado a la destrucción del muro-acueducto. Posiblemente, con conciencia de ello, en Tepeapulco y

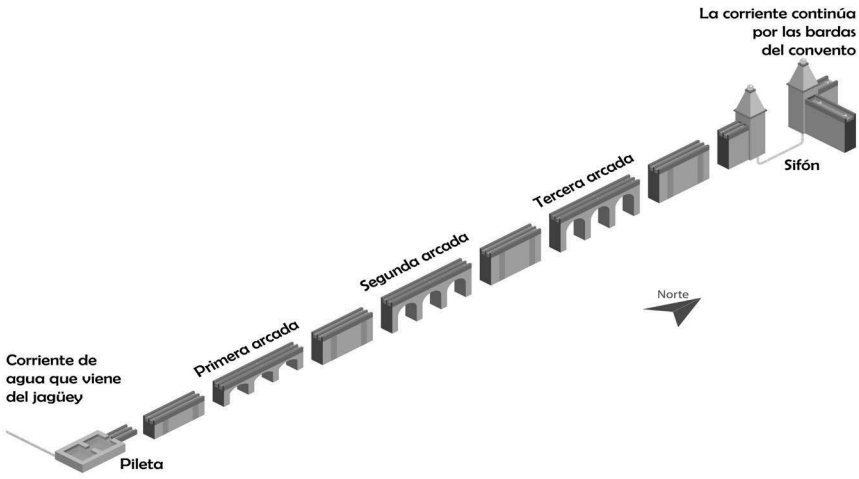



Figura 3
Diagrama del tramo elevado del acueducto de Huejotzingo. Dibujo por Pedro A. Muñoz

Tochimilco se optó por la opción de salvar este tipo de accidentes con arquerías completas en la colindancia con los predios particulares.

El sistema constructivo de los muros-acueducto de Huejotzingo parece dar continuidad a las estructuras de este tipo del periodo prehispánico.[4] Teresa Rojas describe los acueductos elevados prehispánicos como «canales (atarjeas) sobre taludes hechos de tierra, o bien con pilotes (estacadas), piedra y argamasa. Las atarjeas eran de argamasa (con o sin estuco), o asimismo de madera labrada o troncos ahuecados (cangilones o canoas)» (Rojas Rabiela 2013, 83). En la misma línea, Leonardo Icaza Lomelí hace una distinción en los sistemas constructivos, pues menciona que las conducciones elevadas podían ir «sobre un muro macizo a la manera prehispánica o sobre arcos con apoyos a la manera europea» (Icaza Lomelí 1990, 138). A su vez, Luis Ignacio Gómez Arriola comenta, refiriéndose a la arquería mayor del acueducto del padre Tembleque en Tepeyahualco, que en este caso «se decidió por la au-

Figura 4
Tramo de muro-acueducto construido con bloques de adobe. Fotografía por Pedro A. Muñoz

Figura 5
Tramo de muro-acueducto construido con bloques de arenisca. Fotografía por Pedro A. Muñoz

daz utilización de muros de contención y cimbra de adobe, experimentados previamente para forjar la arquería del modesto acueducto que llevaba agua al pueblo y convento de Tepeapulco también levantado por la orden franciscana como una alternativa emergente ante la falta de madera para forjar el andamiaje» (Gómez Arriola 2015, 101). En efecto, aunque en el acueducto de Tembleque también se utilizaron muros de adobe, estos funcionaron como cimbras que permitieron la construcción de sus altísimas arquerías. González Arriola también reconoció que, durante la construcción de la arquería mayor de Tepeyahualco, «las pilastras pétreas distribuidas regularmente actuaron como refuerzos estructurales intermedios en el ancho muro de adobe» (Gómez Arriola 2015, 114). De esta manera, durante el proceso constructivo, las pilastras de piedra que soportan las arquerías de Tepeyahualco tuvieron la misma función de refuerzo que las pilastras empotradas en los muros de Huejotzingo. La diferencia es que, mientras que en el primer caso esto permitió rigidizar la obra muerta constituida por las cimbras de adobe, en el segundo sí formó parte de los elementos de soporte definitivos. Todo esto parece indicar que en ambos casos se estaban combinando las técnicas constructivas para la creación de canales elevados de procedencia prehispánica con las nuevas importadas desde Europa. Podría decirse que, mientras que en el acueducto del padre Tembleque la técnica de cimbrado mediante muros de adobe está realmente supeditada a la construcción de la arquería, funcionando solo como obra muerta, en Huejotzingo, si bien se mejoró la técnica prehispánica mediante la colocación de los pilares de piedra como refuerzo, el canal soportado por medio de muros de adobe es lo que rige el diseño. Por tanto, desde mi punto de vista el acueducto de Huejotzingo es evidencia del dinamismo de los intercambios tecnológicos de esa época: en él se hace patente el intercambio de sofisticadas técnicas para la canalización del agua en el que la tecnología de un grupo se nutrió de la tecnología del otro.

Una vez alcanzada la altura necesaria para la canalización, el conducto por el que corría el agua se realizó en la corona de los muros. Dicho conducto está formado por dos muros cajeros, de veinticinco centímetros de espesor construidos con tabiques de barro recocido (figura 6). El canal está dividido a la mitad formando un canal doble, que conforma dos líneas de conducción separadas. La división intermedia se logra por medio de un murete más estrecho que los

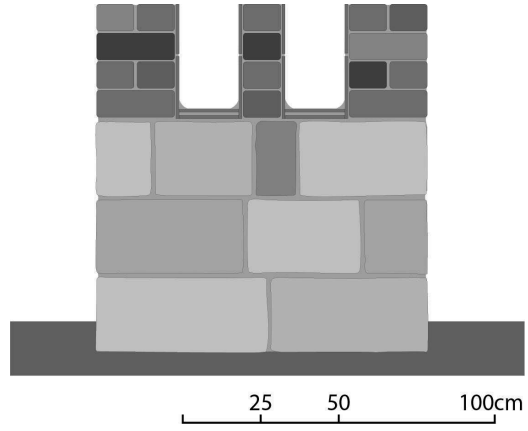



Figura 6
Sección de la doble canalización del tramo elevado del acueducto. Dibujo por Pedro A. Muñoz

muros cajeros, también construido con tabiques. Cada uno de los dos conductos mide veintidós centímetros de ancho y treintaicinco centímetros de alto.[5] Esta doble canalización pudo haber tenido la función de permitir que, en caso de ser necesario, se pudiera dar mantenimiento a una línea sin cortar el suministro de agua, permitiendo el paso de agua por la otra. Las canalizaciones parecen haber estado recubiertas en su interior con losetas de barro recocido como impermeabilizante.

Como complemento a los muros-acueducto, tres arquerías permitían salvar las tres calles con las que se intersectaba el tramo elevado del acueducto. Estas son, junto con el sifón, los elementos mejor conservados del mismo. Al observar las tres arquerías llama la atención que, aunque todas se conforman por tres arcos que salvan un claro similar los arcos y los sistemas constructivos son diferentes. Cada arco salva un claro de 2.70 metros. En conjunto cada arquería recorre una distancia casi idéntica de aproximadamente once metros. La primera arquería (figura 7) es la que se encuentra más al sur y por lo tanto la de menor altura. Se conforma por tres arcos escarzanos, en donde el centro del trazo está muy por debajo de la línea de las impostas, lo que le da como resultado un arco bastante rebajado. Está construida con piedra finamente labrada, destaca que la atarjea de tabique está colocada directamente sobre las dovelas que forman el arco. La segunda arquería (figura 8) presenta también tres arcos reba-

Figura 7
Primera arquería del acueducto elevado. Fotografía por Pedro A. Muñoz

Figura 9
Tercera arquería del acueducto elevado. Fotografía por Pedro A. Muñoz

jados, pero esta vez son de tipo carpanel, con el centro mucho más cerca de la línea de las impostas. Nuevamente está construido con piedra, pero esta vez las dovelas soportan aún un tramo de piedra sobre el que finalmente se coloca la atarjea de tabique. Finalmente, en la tercera arquería (figura 9), si bien presenta pilares de piedra, los arcos están construidos con tabiques asentados con mortero. En este caso, aunque también se trata de arcos carpanel, el centro está apenas por debajo de las impostas, lo que les da un trazo muy cercano al de un arco de medio punto. Las fotografías más antiguas que he podido revisar son de principios del siglo XX y en ellas ya está presente la arquería de ladrillo; sin embargo, un cambio tan drástico en el sistema constructivo puede indicar que se trata de una reconstrucción realizada después de la construcción original. Por el contrario, el uso de diferentes diseños en las arquerías y el recurso de mezclar diferentes sistemas constructivos a lo largo del acueducto deja abierta la posibilidad de que sí se trate de la obra original. Por tanto, aunque me inclino a pensar que se trata de una reconstrucción hecha en los siglos posteriores, pues resulta demasiado extraño que solo uno de los arcos tenga un sistema constructivo diferente, es posible que desde su construcción original se hubiesen usado los dos materiales diferentes para la construcción de las arquerías.

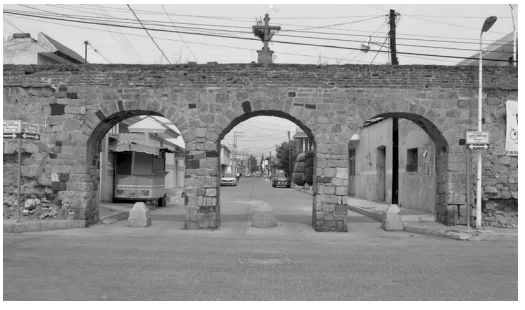


Figura 8
Segunda arquería del acueducto elevado. Fotografía por Pedro A. Muñoz

A diferencia de lo que ocurrió en las arquerías de Tepeyahualco o Tepeapulco, no quedan rastros que puedan revelar una cimbra de tierra compactada o adobe para los arcos. En las arquerías de Huejotzingo no se manifiesta la irregularidad de los arcos que aún es evidente en la arquería de Tepeapulco, que revela un trabajo de cimbrado mucho menos cuidadoso que el de Tepeyahualco. Además, en Tepeapulco existe una variación en el claro que salvan los arcos, lo que evidencia que cada uno se cimbró sin seguir un patrón general, algo que encaja con su posible cimbrado con adobe. En cambio, en Huejotzingo los tres arcos que conforman cada arquería son prácticamente idénticos, además de que salvan claros mucho menores. Esto me lleva a pensar que en este caso se utilizaron cimbras de madera para construirlos, lo que supondría una variación respecto a los modelos de Tepeyahualco y Tepeapulco, que por el contrario tienen una afinidad entre sí.[6] El otro punto de comparación es la arquería del acueducto de Tochimilco, de 104.5 m de longitud aproximadamente, y que se conforma también por dos tipos de arcos; en ese caso son doce arcos carpaneles idénticos, y dos arcos escarzanos que tienen diferente trazo entre ellos y que, al estar sobre una calle, salvan claros mucho mayores

Figura 10
Fuente aliviadero en último tramo de muro-acueducto. Fotografía por Pedro A. Muñoz

que los otros doce (Toral Echegaray 2014, 76). Por la similitud del trazo de los arcos, que revela que se pudo utilizar una misma cimbra, parece que en Tochimilco tampoco se utilizó el sistema constructivo de cimbras de adobe. Además, al igual que en Huejotzingo, la atarjea que corona las arquerías está constituida por muretes de tabique que se construyeron por encima de una estructura predominantemente de piedra, lo que revelaría un intercambio de conocimientos entre ambos altépetl ubicados en la misma región al pie de la Sierra Nevada. Esto revelaría que los cuatro sistemas hidráulicos de corte hispano-indígena mencionados, si bien comparten similitudes, desarrollaron dos tradiciones constructivas de manera independiente. Mientras que la técnica de cimbrado de arcos con adobe del norte de la cuenca de México se experimentó en Tepeapulco y se perfeccionó en Tepeyahualco, en Huejotzingo y Tochimilco se prefirió otro tipo de sistemas constructivos. Los problemas que generó el muro-acueducto de Huejotzingo no se repitieron en Tochimilco, pues se cambió el sistema constructivo mesoamericano por una arquería de evidente estilo europeo. Sin embargo, todo esto revela que las tecnologías de diferentes orígenes eran ampliamente compatibles, pues se generaron soluciones diferentes utilizando conocimientos de diverso origen de manera independiente en distintas regiones.

Justo antes de finalizar el recorrido del tramo elevado, en la última sección de muro-acueducto, se encuentran los restos de una pila o fuente que pudo haber funcionado como aliviadero lateral del sistema (figura 10). Su función sería doble: por un lado, servía para administrar el agua como una fuente

Figura 11
Salida del sifón invertido, sobre la barda sur de la huerta conventual. Fotografía por Pedro A. Muñoz

más del sistema; por otro permitiría regular el volumen de agua que llegaba al sifón, con el fin de prevenir daños a su tubería de barro. Finalmente, el tramo elevado del acueducto termina en un sifón. Cada uno de los dos extremos de este sifón se conformaba por cajas repartidoras cubiertas con una bóveda piramidal y rematadas por elementos decorativos (figura 11). El agua se canalizaba entonces bajo tierra por una tubería de barro, para volver a subir y de esta manera alimentar el sistema hidráulico del convento franciscano.

## Conclusión

Antonio de Ciudad Real, que visitó Huejotzingo en 1589, da cuenta de la vigencia del sistema hidráulico en aquel entonces: «Viene al pueblo un gran golpe de agua que traen encañada hasta la plaza, en la cual hay una curiosa fuente de piedra» (Ciudad Real 1993,

Tomo I: 95). Tal parece que, más de treinta años después de su construcción, el sistema hidráulico seguía dotando a la población de un flujo de agua confiable. El acueducto sin duda tuvo una función crucial en el inicial éxito del nuevo asentamiento del Huejotzingo congregado. Sin embargo, el sistema no era perfecto. Como afirma Hanns Prem, parece ser que el conducto presentó varios desperfectos: los tramos donde se habían usado canoas de madera exhibían constantes fallas debido a la complejidad de sus ensamblajes, varios puntos del sistema soportaban fuertes azolvamientos debido al arrastre de arcillas durante los deshielos del volcán y, en época de lluvias cuando el volumen de agua crecía, se sobrepasaba la capacidad del sistema, dañándolo y poniéndolo fuera de servicio en espera de su reparación (Prem 1975, 34). Por otro lado, la crisis demográfica de mediados del siglo XVI7 disminuyó, sin duda, las necesidades hídricas de la población. Además, esto privó a la comunidad de la mano de obra necesaria para darle mantenimiento adecuado, por lo que el acueducto poco a poco cayó en desuso. A finales del siglo XVI seguía en funcionamiento, pero ya se habían excavado pozos que complementaban las necesidades de los habitantes de Huejotzingo. Existe evidencia de que durante los siglos siguientes se intentó volver a poner en funcionamiento el sistema, con moderado éxito, pero a un alto costo. A finales del siglo XVIII aún se hacían modificaciones y adecuaciones al acueducto, sin embargo, su caudal era bajo y la calidad del agua era mala, hasta el punto en que ya no se utilizaba para el consumo humano.

La construcción de este acueducto atestigua una de las primeras prácticas de combinación de técnicas constructivas españolas e indígenas para el manejo del agua en la región. Revela un avanzado dominio de la ingeniería hidráulica por parte de quienes lo planearon, así como un rico conocimiento de diversos sistemas constructivos. Su materialización demostró que las tradiciones constructivas de muy distantes orígenes eran compatibles, y seguramente fue lo que motivó a otros altépetl de la región a emprender sus propias obras, aprovechando los conocimientos ensayados en Huejotzingo. Por todo ello considero que el acueducto de Huejotzingo es un notable ejemplo de cómo los constructores que lo llevaron a cabo aplicaron saberes constructivos de diverso origen con el fin de proveer el agua que permitiera sustentar la vida en la nueva urbanización.

## Notas

1. Un altépetl es la entidad política-étnica en que se estructuraban las sociedades nahuas antes de la conquista. La continuidad de esta unidad política durante el periodo colonial, no sin transformaciones y adecuaciones, es central para entender la manera en que los nahuas se adaptaron al orden colonial (Lockhart 1999, 27-88).
2. La pérdida casi total de este último recorrido parece haber sucedido en la década del 2010.
3. Recientemente se ha dado a conocer el descubrimiento en Xochimilco un acueducto colonial que se sirve de técnicas de construcción similares (Jiménez González 2021).
4. Este tipo de conducto elevado emplea una técnica de construcción similar al *substructio* romano. Este consistía en un canal construido sobre un muro bajo, pensado para salvar pequeñas pendientes, que rara vez superaba los 1.5-2 m de altura (Hodge 2002, 128-129). Probablemente el antecedente de estas estructuras, que funcionaban de manera similar, permitió a los constructores vaticinar la compatibilidad de los sistemas constructivos prehispánico y europeo desde la etapa de planeación.
5. Pude obtener estas medidas solo en el punto más bajo del recorrido. El grado de deterioro del resto del acueducto me impidió corroborar que, tanto la doble conducción como las medidas de las canalizaciones se mantengan constantes a lo largo de todo el tramo elevado. Infiero que es así debido a que la altura de las hiladas de tabique parece mantenerse a lo largo de todo el recorrido, sin embargo sería necesario realizar una inspección más precisa para corroborarlo.
6. De hecho, de acuerdo con Luis Ignacio Gómez Arriola, la técnica del cimbrado de las arquerías con muros de adobe para la construcción de acueductos solo se utilizó en los Valles de Otumba, Zempoala y Apan, donde se encuentran los acueductos de Tembleque y de Tepeyahualco. Esta región es vecina al Valle de Puebla-Tlaxcala, donde se levantan los acueductos de Huejotzingo y Tochimilco (Gómez Arriola 2015, 116).
7. En Huejotzingo se estima un descenso del 85% a finales del siglo XVI, comparado con la población que había en 1521 (Brito Guadarrama 2009, 157-158).

## Lista de referencias

Brito Guadarrama, Baltasar. 2009. Huexotzingo en el siglo XVI. Transformaciones de un altépetl mesoamericano. Tesis para obtener el grado de doctor en estudios mesoamericanos. Universidad Nacional Autónoma de México.

Ciudad Real, Antonio de. 1993. *Tratado curioso y docto de las grandezas de la Nueva España. Relación breve y ver-*

*dadera de algunas cosas de las muchas que sucedieron al padre fray Alonso Ponce en las provincias de la Nueva España siendo comisario general de aquellas partes*. México: Instituto de Investigaciones Históricas.

Gómez Arriola, Luis Ignacio. 2015. *Acueducto del Padre Tembleque*. México: INAH, Conaculta, Gobierno del Estado de Hidalgo, Gobierno del Estado de México.

Hodge, A. Trevor. 2002. *Roman aqueducts and Water Supply*. Bloomsbury Academic.

Icaza Lomelí, Leonardo Federico. 1990. Arquitectura civil en la Nueva España. 25 ejemplos de la región Puebla-Tlaxcala. Tesis para obtener el grado de Doctor en Arquitectura. Universidad Nacional Autónoma de México.

Jiménez González, Berenice. 2021. Evidencias de tecnología hidráulica en el centro de Xochimilco durante el siglo XVI, *Arqueología mexicana*, 96.

Lockhart, James. 1999. *Los nahuas después de la Conquista. Historia social y cultural de los indios del México central, del siglo XVI al XVIII*. Traducido por Roberto Ramón Reyes Mazzoni. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.

Prem, Hanns J. 1975. Los afluentes del río Xopanac: estudio histórico de un sistema de riego, *Comunicaciones; Proyecto Puebla Tlaxcala*, 12: 27-46. Puebla: Fundación alemana para la Investigación Científica.

Rojas Rabiela, Teresa. 2013. Tecnología hidráulica comparada: de Mesoamérica a la Nueva España en *Con tinta de agua: historiografía, tecnologías y usos*. Coordinado por Édgar Hurtado Hernández y José Francisco Román Gutiérrez. México: UAZ.

Toral Echegaray, Luis Fernando. 2014. Configuración del sistema hidráulico en el pueblo de Tochimilco durante el siglo XVI. Tesis para optar por el grado de maestro en arquitectura Universidad Nacional Autónoma de México.

Solís, Eustaquio Celestino; Armando Valencia R. y Constantino Medina Lima. 1984. *Actas de Cabildo de Tlaxcala 1547-1567*. México: CIESAS – AGN - ITdlC.

# Cuatro ingenieros de caminos del siglo XX en España

Carlos Nárdiz Ortiz

Describir un siglo a través de personas que lo han caracterizado, es necesario en cualquier historia de la construcción. Laingeniería, al contrario de lo que a veces se piensa, no es anónima, sino que es el resultado de esfuerzos personales, como lo es también la arquitectura, aunque ésta sería incomprensible sin los nombres de sus autores. En la arquitectura y en la ingeniería, detrás de cada obra, hay un sinnúmero de personas, que las proyectan o construyen, a veces incluso tomando decisiones importantes, aunque estas obras se atribuyan a un solo autor.

A diferencia de la arquitectura, la ingeniería de caminos, canales y puertos, enEspaña, no solo es edificación, sino que incluye campos como el hidráulico, elportuario, eltransporte, los servicios urbanos, elempresarial, etc. Limitado por el tiempo y el espacio, he elegido para esta exposición, a cuatro ingenieros de caminos, canales y puertos, que representan bien lo que ha sido esta profesión en el siglo XX en España.

El primero que he elegido es Eduardo Torroja, a quien estudié también en el libro "Entre la Arquitectura y la Ingeniería 6+6" (2017), como único ingeniero estructuralespañol. El segundo es un ingeniero portuario, RamónIribarren, menos conocido que el anterior, pero sin el que no se pueden entender los muelles y los puertos a partir de los años 40 en España.

Buscando un ingeniero hidráulico que caracterice la construcción de presas en España en los años cincuenta y sesenta, nos apareceLuciano Yordi, que se dedicó también a otros tipos de proyectos, pero por lo que él mismo escribió en la Revista de Obras Públicas, parece que quería ser recordado por las presas que proyectó.

Finalmente he querido elegir un ingeniero que conocí, y que unía la faceta empresarial, con la de proyectista, inicialmente de obras de edificación conarquitectos, para centrarse después en los puentes, como fue José Antonio Fernández Ordoñez, en donde en los proyectos que realizó, unía la dimensión patrimonial a la paisajística y artística.

Por supuesto, hay muchos más ingenieros de caminos, canales y puertos, que podrían estar aquí, e incluso ingenieros con un perfil empresarial, constructor, odocente, pero creo que estos cuatro, definen muy bien lo que ha sido la ingeniería de las obras públicas en España, habiendo dejado huella en los que los conocieron o trabajaron con ellos.

## Eduardo Torroja

Eduardo Torroja (1899-1961) es sin duda el ingeniero español de más prestigio internacional, y esta prestigio (a pesar de su obra a partir de los años 40, de su labor docente, de sus libros y artículos, y de su impulso al Instituto Técnico de la Construcción y edificación, que lleva su nombre), se debe fundamentalmente a la obra realizada en su etapa más creativa de los años 30, en colaboración con arquitectos que en esos momentos representaban la modernidad dela España republicana, o si se quiere de los nuevos lenguajes del racionalismo moderno, aunque no todos estaban imbuidos por estos lenguajes.

Su colaboración con Modesto López Otero en la obra de urbanización de la Ciudad Universitaria (a partir de finales de los años 20) y con el grupo de arquitectos jóvenes que se habían integrado en la Oficina Técnica de Proyectos de los edificios, mostraba,a pesar de su juventud, a un ingeniero decaminos, canales y puertos (que había trabajado antes en la Sociedad Hidrocivil de Eugenio Ribera, hasta 1927), con una madurez para enfrentarse con los problemas estructurales y constructivos que implicaban sus obras.

Figura 1
Tribunas del Hipódromo de la Zarzuela después de la restauración. (Fotografía del autor)

Pero será en los años treinta, a través del proyecto de las gradas del Hipódromo de la Zarzuela, con Carlos Arniches y MartinDomínguez; del Mercado de Algeciras, con Manuel Sánchez Arcas; y del Frontón de Recoletos, con Secundino Suazo, por las soluciones estructurales aportadas a las cubiertas, cuando Torroja empezará a adquirir fama internacional.

Aunque estas obras no se pueden entendersi no es desde la colaboración con estos arquitectos, no hay duda de que las soluciones estructurales hay que atribuírselas a él. En la colaboración con los arquitectos, Torroja aportó su profundo conocimiento de la geometría, la resistencia y la estética, en este caso entendida de una forma distinta a la aproximación arquitectónica (en donde rechaza el lenguaje de los críticos de arte), manteniendo el lenguaje estructural en su búsqueda de la simplicidad, o en su deseo de fundir lo artístico con lo resistente.

Figura 2
Mercado de Algeciras. (Fotografía del autor)

Torroja, por otra parte, no puede entenderse sin los avances que se habían producido en el dominio técnico y tipológico del hormigón armado, desde la herencia suiza, francesa y alemana, y hay que entenderlo también desde la apuesta de la arquitectura e ingeniería española por el hormigón armado, con ingenieros de caminos, canales y puertos en España-previos, como Eugenio Ribera, ocoetáneos, como Ildefonso Sánchez del Río o Carlos Fernández Casado.

Ambos participaron en el concurso del *Hipódromo de la Zarzuela (1935)*, en colaboración con arquitectos, pero sus soluciones no son comparables. ATorroja, como él explica en su libro "Las Estructuras de Eduardo Torroja" (1958), la solución inicial de los arquitectos, no le pareció estética, por lo que la transforma en unos minutos, en dos fases. En la primera transforma

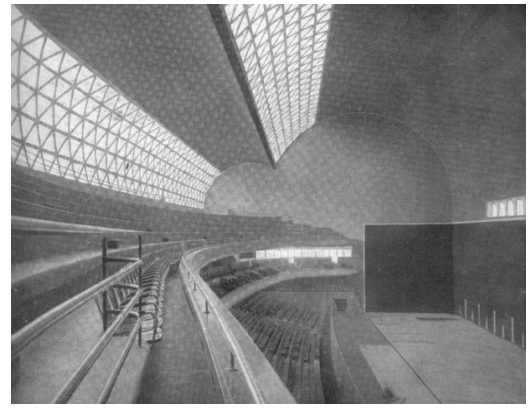


Figura 3
Interior del Frontón de Recoletos. (Fotografía, *Informes de la Construcción*, 1962)

los pilares posteriores que sostenían la cubierta en tirantes, descansando el peso principal de la cubierta en un único pilarcentral, que, al tener mayor sección, transforma el soporte de la entreplanta, en una ménsula volada del soporte principal (Torroja 1999).

En la segunda da una forma curva al intradós de esta ménsula, que continúa el intradós de las vigas transversales que soportan las gradas. Para unir las distintas vigas transversales, proyecta una viga de rigidez longitudinal. El último problema con el que se enfrenta es con la forma que tiene que dar a las cubiertas y aquí Torroja razona también en términos estructurales y estéticos. "tras haber adoptado el perfil curvo para la parte inferior, parecería razonable dar también una forma curva a la cubierta". Frente a la opción más lógica de una serie de bóvedas con forma de conoides de soporte a soporte, que para Torroja no eran atractivos, lo transforma en unos sectores de hiperboloides que vuelan 18. 80m, con una flecha de 1. 40m en los soportes y 14cm de espesor en la clave de los arcos.

El esquema estructural que Torroja tiene en mente para cada sector, luego lo ensaya en modelos reducidos. Estas tribunas fueron declaradas BIC en 1980 y fueron restauradas, por el propio Torroja después de la guerra civil, y por Jerónimo Junquera y Leonardo Fernández Troyano en la segunda década de este siglo, y abiertas al público, reconvertidas en un museo de la Fundación Eduardo Torroja.

La segunda obra que citábamos antes es el *Mercado de Algeciras (1933),* un mercado situado en el centro de una plaza rodeada de viviendas, próxima al puerto. AquíTorroja, en colaboración con el arquitecto Sánchez Arcas, proyecta una bóveda de doble curvatura, sobre la panta octogonal del mercado. Pararesolver la transición entre la planta circular de la cúpula y los lados poligonales, proyecta unas bóvedas cilíndricas, que contribuyen a su rigidez.

Pero el principal problema estructural se está produciendo como consecuencia de los empujes de la cúpula sobre los soportes, que resuelve a partir de un zuncho lateral con barrasde tendones de rosca hormigonados, que integra en la estructura y que le sirven también para descimbrarla una vez construida. Para comprobar su estabilidad, también en este caso, Torroja realizó un modelo reducido, siendo la primera vez que lo utilizaba. Coincidiendo con el centenario de su nacimiento (1999), su hijo José Antonio Torroja, colocó un nuevo tirante y solucionó desperfectos de las bóvedas.

La aportación estructural de Torroja se incrementa al pensar que esta cúpula de 47.62m de luz y 9cm de espesor (que aumenta a 50cm en la proximidad de los soportes) superaba la mayor existente entonces, la del mercado de Jena, de 40 m y tenía un lucernario en la parte superior de la misma para iluminar el mercado (VVAA 1962).

La tercera obra que traemos aquí de esta etapa de los años treinta es el *Frontón de Recoletos (1936)*, proyectado con Secundino Zuazo, una obra desaparecida al terminar la guerracivil, como consecuencia de los bombardeos, y sustituida a comienzos de los años 40 por unas cerchas metálicas. Esta obra desapareció totalmente en 1973, cuando en su lugar se construyó un edificio de viviendas.

Aquí Torroja el barroquismo estructural que había intentado con el hipódromo de la Zarzuela, lo lleva al extremo, con la cubierta de este frontón. Dejandoaparte la solución estructural que dio Torroja a las gradas intermedias y superiores, es en la cubierta, en donde Torroja encontró uno de los grandes hitos de las estructuras laminares del siglo XX.

Respecto a su proyecto Torroja era plenamente consciente de las dependencias arquitectónicas, e incluso del protagonismo inicial de Zuazo para cubrir el espacio entre las gradas y el muro lateral, con una bóveda nueva en este tipo de estructuras, con una luz transversal de 32.5m de luz y longitudinal de 55m de luz, formada por dos lóbulos de 12.20 y 6.40m de radio, con un perfil gaviota, en cuya intersección no utiliza ninguna viga de descarga, aunque sí fuertes tirantes a lo largo del vértice de la gaviota.

La disimetría de la sección, para abrir los dos espacios de ventanales, hacenque, frente a la primera imagen de una bóveda cilíndrica, las láminas se comporten como vigas entre vanos transversales extremos, quedando el fragmento de lámina entre los dos lucernarios, colgado en el aire.

Las láminas de hormigón, con 8cm de espesor, que aumentan a 16 en la proximidad de los lucernarios, obligó a Torroja a hacer un modelo reducido para comprobar su estabilidad. El Frontón de Recoletos ha sido puesto como ejemplo de colaboración entre arquitectos e ingenieros. Torroja siempre creyó en esa colaboración, como pone de manifiesto el nacimiento del InstitutoTécnico de la Construcción y Edificación en 1934, transformado después en el Instituto de la Construcción y el Cemento, en Costillares, con la intervención de Torroja en el proyecto de los edificios.

Después de la guerra civil, abandonó el proyecto de láminas de hormigón armado (excepto en el club Táchira, que no se llegó a construir), proyectó iglesias y colaboró en el proyecto de puente y acueductos, aunque la fama de Torroja le viene de estas tres obras anteriores. Casi al final de su vida publicará el libro "Razón y Ser de los Tipos Estructurales" (1957), en el que expresa los planteamientos estructuralesy estéticos que han guiado su vida. Torroja no tiene, a diferencia de los arquitectos, una imagen espacial de los edificios, si no geométrica: "No debemos olvidar nunca que la estética, con su componente subjetiva innegable está, sinembargo, íntimamente ligada a las propiedades geométricas, analíticas, mecánicas y resistentes de las superficies y líneas que delimitan las masas de las construcciones" (Torroja 1957).

## Ramón Iribarren

Ramón Iribarren Cavanilles (1900-1967), caracterizó la ingeniería portuariay litoral en España entre los años treinta y los años cincuenta, por su forma de aproximarse a los problemas de la dinámica litoral, apoyado en la observación previa y en la aplicación de métodos científicos para determinarlos. Director del Grupo de Puertos de Guipúzcoa, durante casi cuarenta años, desde 1929, dedicó su vida a resolver los problemas derivados del transporte de arenas y del abrigo de estos puertos, que le permitieron desarrollar sus investigaciones, consiguiendo de esta manera fama internacional, aunque nunca quiso cambiar su residencia en Guipúzcoa.

En los puertos del Grupo de Guipúzcoa están Fuenterrabía, San Sebastián, Orio, Guetaria, Zumaya, Deba y Motrico, y es este último puerto el que se convertirá en un campo de experimentación en apoyo de sus teorías sobre el oleaje, mientrasque, sobre la colmatación de arenas y la creación de espigones para solucionarlos, con la creación de playas artificiales, los demás fueron la referencia.

De sus investigaciones para la mejora del puerto de Motrico, fue su método sobre los *Planosde Oleaje*, que luego aplicaría a otros puertos. En Fuenterrabía (Hondarubia), Orio, Zumaya y Deba, solucionó los problemas de colmatación de arena de estos puertos, mediante la construcción de espigones, que le permitieron además crear playas artificiales. Puede considerarse en este sentido el padre de la ingeniería marítima en España.

A la enseñanza en la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, se incorporó en 1939, por la remodelación del profesorado que sufrió la Escuela, sustituyendo a Eduardo Castro, quehabía muerto en la Guerra Civil, a quien consideraba su referencia. Allí creó el *Laboratorio de Puertos*, que después será el germen del Laboratorio de Puertos y Costas del CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de las Obras Publicas).

Una de las aportaciones de Iribarren fue la fórmula para el cálculo del manto de los diques de escollera, en 1938, mejorando la formula anterior de Castro, de 1933, simplificándola y concretando mejor sus parámetros, para determinar el peso y el talud de las escolleras en los diques rompeolas, y que luego Iribarren con Casto Nogales, su sucesor en la enseñanza, fue

Figura 4
Puerto de Motrico. (Fotografía del autor)

Figura 5
Espigones y Playa de Fuenterrabía. (Fotografía del autor)

Figura 6
Espigones en la playa de Deba. (Fotografía del autor)

perfeccionando al ir aplicándola a distintos diques. Por esta fórmula Iribarren adquirió fama internacional. En el libro que publicó con la colaboración de Casto Nogales, sobre "Obras Marítimas. Oleaje y Diques" (1954), se pueden ver las transformaciones de esta fórmula. En este libro, escrito inicialmente para los alumnos de la Escuela, Iribarren aporta métodos dimensionales para el proyecto de los diques verticales y los rompeolas (Iribarren Cavanilles 1954).

Hasta Iribarren, con la excepción de Castro, los ingenieros portuarios no estaban preocupados por la acción del oleaje, y los diques se proyectaban por comparación con los anteriores, fundamentalmente diques verticales, con paramentos de piedra. Iribarren, con sus Planos de Oleaje y su fórmula, "impresiona a los medios técnicos internacionales, especialmente los americanos", como dice Pedro Suarez Bores, sucesor en la enseñanza portuaria en la Escuela.

La otra gran aportación de Iribarren viene del estudio de las características de la rotura del oleaje y sus consecuencias para el transporte de arenas en el litoral. Ya en 1941 Iribarren había publicado sus investigaciones sobre la forma de propagarse el oleaje desde alta mar hasta la costa, apoyándose en la teoría de Stokes, de 1847, sobre las ondas de superficie y la difracción de las ondas por la presencia de determinados obstáculos, considerando en el caso de las playas, el más importante, la profundidad.

Cuando el oleaje actúa sobre las formaciones arenosas de la costa (cuyo origen fundamental es el derivado de los aportes fluviales y de la erosión de los acantilados), la rotura del mismo como consecuencia de la disminución de la profundidadtransporta los sedimentos en dirección transversal y longitudinal, como consecuencia de la oblicuidad con la que actúa sobre la costa, transportando la arena entre las áreas expuestas y las áreas abrigadas.

La rotura de la ola, en la proximidad de las formaciones arenosas, se transforma en una gran masa de agua, que en el caso de las costas cantábricas (en donde realizó la mayor parte de sus investigaciones), con bahías y ensenadas orientadas al Norte y al Noroeste, acumulan las aguas en la dirección Este-Sureste, elevando el nivel medio de las mismas en mayor proporción que las aguas del Oeste-Suroeste, por la acción de los vientos del Noroeste.

Esta diferencia de elevación, decía Iribarren, es causa de importantes corrientes que "avanzando del este al Oeste, en el fondo de estas bahías o ensenadas, arrastran las arenas en esa dirección". Iribarren, que cuantificó estas corrientes y la sobreelevación del oleaje, publicó sus observaciones sobre el transporte de arenas en la bahía de Fuenterrabía (Hondarubia), proponiendo la construcción de un espigón del lado del cabo Higuer, que dio origen a una playa artificial y cuyo proceso de formación estudió temporalmente.

La desembocadura de los ríos cantábricos en el mar, que generan problemas de colmatación de arenas que dificultan el acceso a los puertos interiores, ocupó a Iribarren gran parte de sus investigaciones en Deba, Orio y Zumaya, en los que construyó espigones que permitieron generar otras playas.

Se trata de poblaciones históricas en la Costa Vasca, con villas crecidas en los puertos fluviales próximos a la desembocadura, en los que la colmatación de las arenas era un problema para el acceso a los puertos, que Iribarren resuelve con la construcción de estos espigones que al igual que en Fuenterrabía, forman ya parte de su paisaje urbano, que son utilizados como lugares de pesca y esparcimiento, convirtiéndose en una técnica corriente hasta hoy en día, como ocurre con la desembocadura del U rumea en San Sebastián.

Los efectos del oleaje sobre las playas fueron estudiados también por Iribarren, y sus consecuencias para su estabilidad, que llegó a concretarlos a través del parámetro que lleva su nombre, enunciado a finales de los años 40.

Partiendo de la celeridad de las ondas en profundidades reducidas, cuando las olas se aproximan a las playas la celeridad (que define el movimiento de las

olas) disminuye, reflejándolas las playas. Iribarren definió un parámetro, apoyado en la mitad de la altura de la ola, que cuando es igual a la profundidad, la ola rompe, arrastrando la arena del fondo, y el retroceso posterior cuando llega a la playa seca, con el efecto de resaca.

La acción del oleaje sobre las playas produce una doble modificación, primero de acumulación de arena, cuando el oleaje avanza hacia la playa, y luego de arrastre hacia el mar, determinando playas estables e inestables, por la acción transversal de vaivén, a la que se suma la acción longitudinal del transporte de arena, por la oblicuidad del oleaje frente a la costa. Y esta acción es lógicamente mayor en invierno. Frente a ello caben actuaciones blandas, con apartes de arenas, o duras, con la construcción de espigones, que han producido (por la importancia cada vez mayor que tienen los problemas paisajísticos), problemassociales.

Aunque la figura de Iribarren está asociada a Guipúzcoa, por su condición de profesor de la Escuela y su pertenencia al Consejo de Obras Públicas, fue reclamado para trabajos fuera de España, como la defensa costera de Cartagena de Indias, en Colombia, el estudio de las condiciones marítimas en las costas de Sirte, en Venezuela, en donde proyectó también un puerto deportivo en Caracas. En el África occidental española (del Sahara a Guinea), realizó distintos proyectos para solucionar los problemas que originaban las arenas de estas costas. Un proyecto poco conocido en el que intervino Iribarrenes la Playa de las Teresitas en Tenerife, que se convirtió en la primera playa artificial de España.

En la magníficaexplosión que organizó el CEDEX, comisariado por Dolores Romero, "Iribarren. Ingeniería y Mar", la propia Romero se encargó de contar su vida. Su muerte en 1967, al incendiarse el Fiat que estaba probando, por su afición a los coches, dio al traste con un ingeniero que todavía podría haber hecho nuevas aportaciones, aunque de la Escuela, se había retirado en 1962, al estar en desacuerdo con el Plan de Estudios del 1957, en el que los ingenieros de caminos, canales y puertos, cuando salían de la Escuela, dejaban de ser funcionarios del Cuerpo. Este mismo camino tomarán otros profesores, como fue el caso de Entrecanales, en 1959 (Romero Muñoz 2002).

Iribarren ha quedado, portanto, como un representante de la Escuela surgida después de la guerra civil, pero sus aportaciones a la ingeniería portuaria y litoral han sido fundamentales para los ingenieros que vinieron después, al igual que su apuesta por la experimentación en el Laboratorio que él creó en la propia Escuela, y que luego se trasladará al CEDEX.

## Luciano Yordi

Luciano Yordi y Carricarte (1917-1978), lo traemos aquí, como un ingeniero de caminos, canales y puertos ligado al mundo hidráulico, y en concreto al mundo de las presas, aunque en los proyectos en los que intervino, va más allá. Hijo de otro ingeniero de caminos, Luciano Yordi y Menchaca, presidente de la Sociedad General Gallega de Electricidad (fundada en 1903 para la explotación de pequeños ríos en Galicia), y absorbida en 1956 por FENOSA (Fuerzas Eléctricas del Noroeste. S.A.). Uno de los primeros proyectos de presa que hace Luciano Yordi, es en 1950, deuna presa de gravedad en el Tambre de 45m de altura 160m de longitud, en sustitución de un azud anterior que llevaba el agua para turbinarla en la central del Tambre, proyectada por Antonio Palacios en los años veinte.

Su función era, por tanto, el aprovechamiento hidroeléctrico del Tambre, en el momento en que las sociedades hidroeléctricas, tenían ya la concesión para el aprovechamiento de la mayor parte de los ríos. Fenosa, lo tenía del Miño.

Durante esta etapa de la primera mitad de los años 50 (terminó la carrera en 1946), trabaja en la Sociedad General Gallega de Electricidad, y puede considerarse un ingeniero de su época, con un discurso a favor de la industrialización del país, apoyado en la energía hidroeléctrica, que refleja en un segundo artículo en la Revista de obras Públicas, de 1954, que titulaba "Posibilidades Industriales de Galicia", en donde, decía, que los grandes recursos de "hulla blanca "de esta región, son la base de la riqueza, no solo industrial sino aún económica, por la abundancia de la energía. Antes, en 1951, había publicado en la misma revista un artículo sobre la Presa del Tambre.

Él mismo se implicará en esos años en el anteproyecto para traer la Refinería de Petróleo a Coruña (que no se aprobará hasta 1961, en el polígono de la Grela) o en la localización del aeropuerto de Alvedro, frente a otras localizaciones anteriores (García Mayo, 2010).

El salto de escala de Luciano Yordi, como proyectista de presas, se va a producir con la *Presa del Eume*. Aunque ya antes, en 1946, había realizado con Fernando Salorio un proyecto para la ampliación del salto de A Capela, con una presa de gravedad de 96m de altura y planta curva, en 1955 Luciano Yordi redacta el "Proyecto de Replanteo del aprovechamiento hidroeléctrico del río Eume", cambiando el proyecto anterior de la presa de gravedad, por una presa bóveda, de mayor altura (103 m), que conseguía mayor superficie de embalse (425Ha) a un menor coste, y mayor aprovechamiento del material de la presa. En el centro de la misma coloca el aliviadero de coronación, que será uno de los rasgos de identidad de la presa.

Luciano Yordi, para el proyecto de esta presa, se apoya en la experiencia francesa de un ingeniero como André Coyne, con la presa de Marege, en los años treinta, a la que seguirán en Portugal en los años 40, presas bóveda como Santa Luzía, Castelo Boade y Venta Nova. Aunque el procedimiento de cálculo que utilizabano iba más allá de un sistema de rebanadas en arco, sin considerar el efecto de la verticalidad, los cálculos se acompañaron de ensayos en modelo reducido, realizados, primero en el Instituto Torroja, bajo la dirección del propio Torroja, y luego en el laboratorio del CEDEX. También se efectuaron ensayos en modelo reducido, en el Laboratorio de Engenhería Civil de Lisboa (LNEC), bajo la dirección de Manuel Rocha y Joaquín Laghina Serafín, que participaran también en los ensayos de otras presas de Luciano Yordi.

La presa del Eume se terminó en 1960, siendo una de las primeras presas bóvedas construidas en España, por lo que en ese año Luciano Yordi recibió la Encomienda del Mérito Civil, por parte del presidente de FENOSA, Pedro Barrié de la Maza, que había absorbido en 1956 a la Sociedad General Gallega de Electricidad. Aunque el proyecto lo realizó anteriormente, la construcción la realizó, portanto, FENOSA. Es una presa llena de detalles, en los aliviaderos, la barandilla, los desagües de fondo, el tratamiento superficial del hormigón, etc., que muestran la apuesta de Luciano Yordi por la forma.

FENOSA, que había conseguido la concesión integral el Miño en los años 40, y había terminado en 1955 la Presa de Os Peares, una presa de gravedad de planta curva, como primer escalón para este aprovechamiento, encargará el resto de las presas a Luciano Yordi.

El primer escalón era *la Presa de Belesar*, aguas arriba de Peares, que había iniciado también Fenosa con una presa de gravedad, pero que aquí también Luciano Yordi transforma en una presa bóveda de 129m de altura y 500m de coronación, con un volumen embalsado que quintuplica el del Eume, inundando viñas y el pueblo del camino de Santiago de Porto Marín. Los dos aliviaderos laterales se proyectaron para desaguar cada uno una caudal de 2000 m3/s.

Luciano Yordi ya estaba con los cálculos de esta presa en 1956, pero el método era distinto que en la presa de Eume, con ménsulas verticales y arcos horizontales, cuyos desplazamientos por los empujes hi-

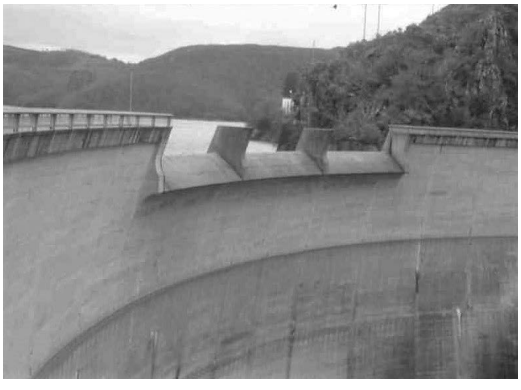


Figura 7
Presa del Eume. (Fotografía del autor)

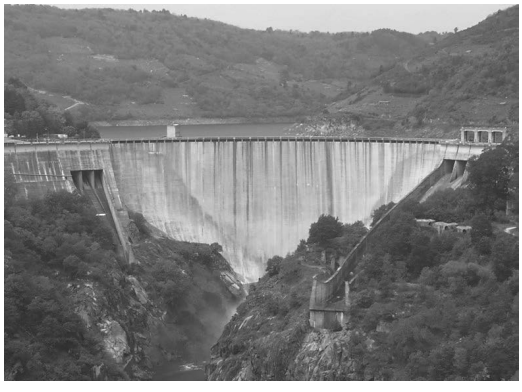


Figura 8
Presa de Belesar. (Fotografía del autor)

drostáticos tenían que coincidir en el punto de unión. También en este caso, se realizaron ensayos en modelo reducido en el Laboratorio de ingeniería Civil de Lisboa (LNEC).

Todo el proceso posterior de construcción, con un gran consumo de cemento y áridos y grandes instalaciones de obra, fue seguido con una gran atención. Cuando se terminó en 1963, el Ayuntamiento de a Coruña le impuso la medalla de Oro al Mérito Civil. También en esta presa Luciano Yordi mostró el cuidado por los detalles de la misma, incluida la plaza que se dispone encima en el que resaltaba las excelencias de la obra.

La presa de Belesar fue la gran obra de Luciano Yordi. Lacentral, próxima a la presa, se situó subterránea en la margen derecha de la misma. Yordi tenía una gran preocupación, por dar una respuesta adecuada a la forma y tipología de la presa, como recogerá diez años después en un artículo de la Revista de Obras Públicas titulado "Filosofía de las presas de embalse" (junio de 1973). Reclamaba además la experiencia y el conocimiento ingenieril como el carácter fundamental de una presa de embalse.

Sin embargo, en la otra presa bóveda, la de Albarellos, sobre el río Avía, una presa de 90 m de altura y 285m de coronación, cuyo proyecto inicial data de 1967, por problemas de cimentación, hubo que girar la presa y desplazarla 20m aguas abajo, debiendo incluso que modificar la posición del aliviadero.

El aprovechamiento integral del Miño, se completará con tres presas de compuertas, en la segunda mitad de los años 60, capaces de desaguar avenidas de 8000 $m^3/s$, en Velle (1966), Castrelo (1969) y Freire (1970), con alturas respectivamente de 27, 29 y 33m.

Luciano Yordi, además de presas para el aprovechamiento hidroeléctrico, proyectó presas de gravedad para el abastecimiento de agua al polígono de Sabón en A Coruña (Rosadoiro, 16m), para el abastecimiento a la ciudad de A Coruña (Cecebre, proyectada en 1967, aunque no se terminó hasta 1976) y una presa de bóvedas múltiples, en Meicende, proyectada en 1961, al servicio de la fábrica "Aluminios de Galicia S. A.", que es una de las pocas presas con esta tipología que se conservan en España.

Le gustaba escribir, de hecho, en el libro sobre su obra que publicamos desde el Colegio de Ingenieros de Caminos, C y P de Galicia, con motivo de la inauguración de la nueva sede del Colegio en el 2010, su hermano nos dijo que lo que realmente le gustaba era escribir, como muestran sus trece artículos en la Revista de Obras Públicas (Yordi).

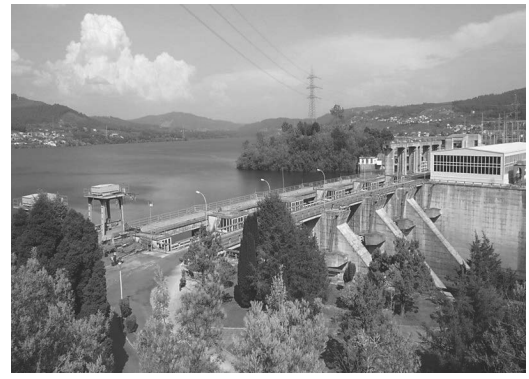


Figura 9
Presa de Castrelos. (Fotografía del autor)

En la última etapa de su vida trabajó también como ingeniero de la Diputación Provincial de A Coruña, después de que, a partir de finales de los sesenta, perdiese protagonismo en FENOSA, promoviendo una obra como el Puente Catoira, sobre el Ulla, que lleva su nombre. Fue por tanto un ingeniero singular en los años 50 y 60, pero en los 70 su figura decayó.

## José A. Fernández Ordóñez

José Antonio Fernández Ordoñez (1933-2000) es sin duda un ingeniero singular, que reunió varias facetas de la profesión. Heredó de su padre Francisco Fernández Conde dos empresas, una de prefabricados de hormigón pretensado: PACADAR, y otra de proyectos: IDEAM. Pero a mayores de su labor como proyectista y constructor, supo trasladar sus ideas de la ingeniería a través de sus escritos, sus enseñanzas en la Universidad, su impulso a la celebración de exposiciones, especialmente durante su etapa de presidente del Colegio de Ingenieros de caminos, canales y puertos, su defensa del patrimonio de las obras públicas, y su amor al arte, en donde murió siendo presidente del Patronato del Museo de Prado.

La prefabricación ocupó toda su vida, que él defendía en los tres libros que publicó entre 1973 y 1974 (*Arquitectura y Represión* y los dos tomos de *Prefabricación. Teoría y Práctica*) resultado de sus

viajes por encargo de Pacadar a comienzos de los sesenta, por Europa y América para ver lo que se estaba haciendo fuera; y por otra, como consecuencia del Seminario de Prefabricación que organiza en la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid, a partir de 1968 (profesor adjunto desde 1960, con Santiago Castro), en donde amplía sus estudios (Fernández Ordóñez 1973, 1974).

Nada más terminar la carrera en 1959, colabora con el arquitecto Fernando Higueras en varios proyectos como la casa de Lucio Muñoz, por el que recibe el Premio Nacional de Arquitectura en 1968 o el Centro de Restauración Artística en la Ciudad Universitaria de Madrid, en los que se ve la presencia de la prefabricación, pero su vocación son los puentes, ya que la arquitectura se le quedaba pequeña, según su expresión (VVAA 2000).

En 1968, Julio Martínez Calzón, Alberto Corral y José Antonio, se presentaron en 1968 al concurso de un viaducto elevado sobre el cruce de Cuatro Caminos, enMadrid, que no ganaron, frente a la propuesta de la oficina de Carlos Fernández Casado, pero de cuya propuesta recibieron una mención especial, quelesanimó a volverse a presentar al concurso que el Ayuntamiento celebró para la construcción de un *Paso elevado entre Juan Bravo y Eduardo Dato en Madrid (1969)*.

Este concurso si lo ganaron y el resultado fue un puente innovador, tanto desde el punto de vista técnico como urbano, diferente de los que se estaban construyendo antes de hormigón pretensado. El viaducto es un puente mixto, que era una tipología que Julio Martínez calzón había investigado en Alemania, promovido por el Instituto Torroja, unido a la prefabricación y a un tratamiento de las pilas, con hormigón blanco, deltablero, con acero cortando la imposta y barandillas, con la colaboración de Eugenio Sempere, que no se había dado antes.

A mayores, cuando se había iniciado la construcción, José Antonio propuso convertir la parte cubierta por el puente en un museo al aire libre, convenciendo a sus amigos escultores para que cediesen esculturas para este espacio, aunque después la escultura colgada de Chillida, la llamada "sirena varada", tardase en colgarse, por problemas con el Ayuntamiento y con Gobernación.

En este puente se prefabricó totalmente la losa del tablero, incluida la imposta de remate en la que se apoyaba la barandilla, diseñada por Sempere; se utilizó hormigón blanco de alta resistencia para las pilas que distribuían los nueve vanos, con mayor luz en los próximo a La Castellana; se remataron las pilas superiormente con unos capiteles rememorando el lenguaje clásico; se dispuso todo el tablero con acero corten, para que contrastase con las pilas.

Es, sin duda, una obra singular en esos momentos en Europa, con una apuesta por construir un puente urbano que caracterizase el paso sobre La Castellana, con problemas paisajísticos que fueron estudiados por Ángel del Campo Francés. Determinó así mismo la colaboración entre Fernández Ordoñez y Martínez Calzón en los siguientes puentes, con la imagen del contraste entre el hormigón blanco y el acero corten.

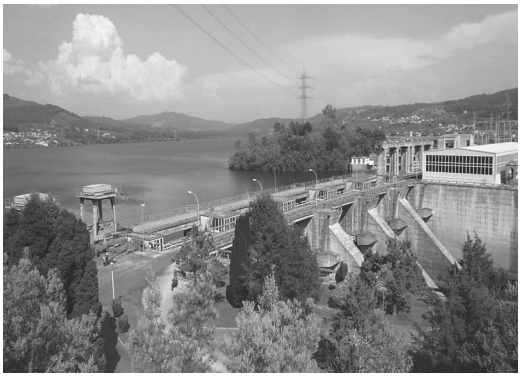


Figura 10
Puente de Eduardo Dato (Fotografía del autor)

Figura 11
Puente de Martorell (Fotografía del autor)

El siguiente puente fue *El Puente del Diablo en Martorel (1974*), en sustitución de un puente metálico anterior, cerca del puente medieval, por lo que la respuesta no era solo técnica, aparte de su esviaje sobre el río. El elemento aquí más característico son las dos pilas centrales, que intentan dar una respuesta formal al arco central reconstruido del puente medieval, aunque con sillares romanos.

Se trata también de un puente mixto, con tres vanos de 50, 100 y 50m, en donde las pilas de hormigón blanco y pretensadas con forma de tetrapilonos y una voluntad escultórica que intenta dialogar con el puente medieval. Inauguró a nivel mundial un sistema híbrido de grandes elementos de hormigón pretensado y potentes piezas de hormigón y acero estructural para conformar los dinteles.

En su entorno se intentó crear un paseo fluvial para enfrentarse a las condiciones degradadas del río, pero hay que verlo como un fracaso por el paso de la autopista de Zaragoza-Barcelona por encima del mismo. La consideración de que el puente no termina en la estructura era una de las características de los proyectos de Fernández Ordoñez.

El tercer puente que traigo resultado de esta colaboración entre Fernández Ordoñez y Martínez Calzón es el *Puente de Tortosa*, sobre el Ebro, terminado en 1982 y que fue record del mundo en este tipo de puentes mixtos con sus 180m de luz para el vano central, al que le siguen dos laterales de 102m. Forman también una parte importante del puente los dos estribos, en los que además de su función de lanzar los vanos laterales, se albergó en la margen izquierda un museo, y en la derecha un espacio para almacenamiento.

Figura 12
Puente de Tortosa. Fotografía: C.N.

El puente suponía una continuidad de Martorell, con mayores luces, y dos grandes pilas pretensadas, con forma de T, de hormigón blanco, que lanzan el tramo central y los dos laterales de acero corten visto y doble acción mixta. Las curvas en vertical de las pilas, dando continuidad a los cajones trapeciales de canto variable, hacen que este puente, cuya imagen sea de simplicidad es Extremadamente complejo técnicamente y supone el final de un proceso que empezó con Martorell.

Fernández Ordoñez y Martínez Calzón, proyectaron a finales de los 80 y comienzos de los 90, con estas tipología, como el Puente sobre el Turia en Valencia (1991) o el Puente del Arenal sobre el Guadalquivir en Córdoba (1993), pero en esta época se abrieron a nuevas tipología, como el Puente de la Variante Norte a Huelva, cerca de Sevilla (1992), El Puentede Fernando Roig (1990) en Alcoy y el Puente del Centenario (1991), en Sevilla, o el Cuarto Puente sobre el río Urumea en San Sebastián (1994).

A partir de esos momentos sus relaciones empezaron a ser más complejas, de tal manera que a partir de esos momentos entró a trabajar en IDEAM, Francisco Millanes, con el que proyectará también algunos puentes singulares como la Pasarela de Abandoibarra, en Bilbao (1996) o el Puente Infante Don Enrique sobre el Duero en Oporto (1999), resultado de un concurso internacional.

A Fernández, como decíamos al principio, hay que verle por su impulso a distintas iniciativas, como la defensa que hizo del patrimonio de las obras públicas, a través de catálogos y publicaciones, asociadas a su Cátedra de Arte y Estética, dentrode la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid, o impulsando en el año 1983, la creación del CEHOPU, dependiente del CEDEX. Suyas fueron también iniciativas como la Esfera Armilar, o el proyecto que hizo con Eduardo Chillida, para vaciar la montaña de Tindaya, con un hueco de 50m de luz, siguiendo los deseos de Chillida.

Con los arquitectos Estalisnao Pérez Pita y Jerónimo Junquera y también con Julio Martínez Calzón, proyectó en 1983 la Avenida de la Ilustración en Madrid, y esta colaboración fue también efectiva en el concurso que ganaron ex aequo, en 1988, para la Expo de Sevilla del 92.

Si tuviera que definir a José Antonio, es que era una persona apasionada por las cosas que hacía y en las que creía, como defendía en sus conferencias y en

sus clases de Arte y Estética en la Universidad. Murió muy joven, y sin duda podría haber hecho otras cosas interesantes.

A nivel de publicaciones, apartede los tomos de prefabricación, su gran libro es la biografía que hizo del gran ingeniero francés, Freyssinet (1978), inventor del pretensado en los años treinta, del que se consideraba un admirador, admiración que le había transmitido su padre. Otros libros suyos fue los que dedicó al patrimonio de las obras públicas: puentes, presas, canales.

El libro que le dedicaron sus compañeros JAFO (2001) es la mejor forma para aproximarse de forma global, a la figura de este ingeniero singular. Su muerte como presidente del patronato del Museo del Prado, en donde había iniciado la recuperación de las cubiertas del museo, es la expresión de la admiración que José Antonio sentía por el mundo del arte, en especial la pintura, que inspiró su obra.

Cuando en 1990, entró en la Academia de Bellas Artes de San Fernando, su discurso fue sobre "El pensamiento estético de los ingenieros. Funcionalidad y Belleza", en donde, al igual que su predecesor: Carlos Fernández Casado, trece años antes, defendía la compatibilidad entre la utilidad y la belleza. En el fondo, a ello dedicó Fernández Ordoñez su profesión, incluido el rico patrimonio de las obras públicas (Fernández Ordóñez 1990).

## Lista de Referencias


Fernández Ordóñez, J.A. 1973. Arquitectura y Represión. *Cuadernos para el Diálogo*, 56.

Fernández Ordóñez, J.A. 1974. *Prefabricación. Teoría y Práctica*. Madrid: Editores Técnicos Asociados.1974

Fernández Ordóñez, J.A. 1990. *El Pensamiento Estético de los Ingenieros. Funcionalidad y Belleza*. Madrid: Real Academia de Bellas Artes de San Fernando.

García Mayo, Ana M. 2010. *Luciano Yordi 1917-1978*. A Coruña: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Galicia.

Iribarren Cavanilles, R. 1954. *Obras Marítimas. Oleaje y Diques, con la colaboración de Casto Nogales y Olano*. Madrid: Editorial Dossat.

Romero Muñoz, D. 2002. *Iribarren. Ingeniería y Mar*. Madrid: CEDEX y Ministerio de Fomento.

Torroja, E. 1999. *Las Estructuras de Eduardo Torroja* (1ª Edición en inglés: 1958). Madrid: CEDEX-CEHOPU. Ministerio de Fomento.

Torroja, E. 1991. *Razón y Ser de los Tipos Estructurales* (1ª Edición: Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento, 1957). Madrid: Consejo de Investigaciones Científicas.

VV.AA. 2000. *JAFO*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

VV.AA. 1962. Monográfico Eduardo Torroja. *Informes de la construcción*, 137.

Yordi, Luciano. Artículos escritos en la *Revista de Obras Públicas*: 1951 (2838 y 2839); 1954 (2866); 1956 (2889 y 2893); 1959 (2929); 1961 (2954); 1962 (2967); 1964 (2988); 1967 (2928); 1972 (3081 y 3087); 1973 (3098).

# La inusitada tecnología constructiva en la capilla de San Francisco Xavier de Nasca durante el siglo XVIII en Ica, Perú

Sandra Negro
Samuel Amorós

## Consideraciones edificatorias en la costa central del Perú

El inicio de las edificaciones permanentes a partir de mediados del siglo XVI se orientó al empleo generalizado de materiales macizos para los muros, que fueron resueltos con adobes de notables dimensiones. En los primeros pisos de las edificaciones, éstos se disponían con un aparejo incierto de dos o más adobes de espesor, mientras que en los segundos pisos los muros tuvieron un adobe de espesor dispuesto a tizón. En menor medida y debido a su costo, se emplearon los ladrillos, ya sea como rafas de refuerzo en los muros de adobes, en el solado de los pisos o en la estructura de arcos, bóvedas y cúpulas. Las piedras no fueron una alternativa, ya que algunas eran muy duras de labrar o las canteras estaban en lugares de difícil acceso. Aquellas en las inmediaciones de Lima, capital del Virreinato del Perú, contenían diversas sales, debido a las cuales los elementos arquitectónicos rezumaban salitre, que causaba su paulatina desintegración. Cuando estas se emplearon para las portadas de edificios civiles o religiosos como una alternativa del ladrillo, se debieron traer las piedras desde Panamá, Nicaragua o Arica (Cobo 1882, 62).

La marcada sismicidad del país, por hallarse en el Cinturón de Fuego del Pacífico, ocasionó siete fuertes movimientos telúricos entre 1582 y 1687, siendo el último uno de los dos más destructivos de la ciudad de Lima y de la costa sur peruana, entre los siglos XVI al XIX (Seiner 2009, 148-391). Los daños ocasionados a los inmuebles obligaron no solamente a las reiteradas reconstrucciones, sino que a partir del primer tercio del siglo XVII, condujeron a considerar soluciones constructivas más livianas. Si bien los muros perimetrales continuaron siendo de adobes, los divisorios —denominados por entonces atajos— fueron estructurados con un bastidor de madera escuadrada, consistente en pies derechos verticales y codales horizontales, estabilizados con tornapuntas dispuestas diagonalmente, el cual era rellenado con ladrillos asentados con mortero de cal y arena.

El terremoto de 1687 obligó a los alarifes y maestros constructores a inclinarse por aquellos materiales perecederos, frecuentemente empleados por los habitantes originarios antes de la llegada de los europeos y que fueron las cañas bravas y los carrizos. Estos pasaron de ser un material complementario en la construcción, como su empleo en las alcatifas de las cubiertas planas, o en el armazón de las diversas molduras de barro o de yesería, a tener un notable protagonismo. Los ladrillos como material de relleno en los tabiques acitarados, fueron reemplazados por carrizos trenzados en los codales o por cañas partidas, fijadas con clavos de media chilla con la ayuda de una tira de cuero sin curtir. Había surgido la quincha, usualmente denominada en la época telar embarrado, como el encuentro entre dos tradiciones constructivas del Viejo y el Nuevo Mundo. Hacia finales del siglo XVII, su empleo se generalizó con los deno-

minados telares, utilizados en las paredes de los pisos altos de las construcciones, tradición que se mantuvo hasta el primer tercio del siglo XX. Su uso se extendió en propuestas de pilares y arcos fingidos, así como en bóvedas y cúpulas encamonadas, cuyos cerramientos se realizaron con tarimas de cañas enteras o cañas partidas, clavadas en los extradoses e intradoses de los arcos.

En la región de Ica, situada entre los 200 y 520 km al sur de Lima, el empleo de la quincha fue extensivo, teniendo en cuenta que el seísmo de 1687 destruyó totalmente la villa de San Clemente de la Mancera de Pisco y que el sucesivo maremoto causó la muerte de casi la totalidad de sus pobladores, obligando a reedificar el asentamiento en un nuevo paraje (Angulo 1940, 9-44). Una situación similar ocurrió en el poblado de San Jerónimo de Ica, que también tuvo que ser reconstruida en otro emplazamiento, en el Pago de las Mochicas (Sánchez Elías 1957,78). En cambio, más hacia el sur, la villa de Nasca permaneció en el mismo lugar a través de los siglos y los frecuentes movimientos telúricos. A lo largo del virreinato, su crecimiento urbano, arquitectónico y poblacional siempre tuvo un ritmo más lento que los centros poblados de Pisco e Ica. El padrón de pobladores de la villa, mandado hacer por el Arzobispado de Lima en 1778, arrojó un total de 1.058 habitantes (Rossel 1964, 108).

A finales del siglo XVII y a lo largo de los dos subsiguientes, la quincha fue el material constructivo de uso generalizado, quedando restringidos los adobes y ladrillos para los eventuales muros y pilares estructurales de una edificación. Además de su ligereza, la quincha ofrecía ventajas adicionales como su bajo costo, la posibilidad de construir estructuras fingidas de notable realce formal y visual, mayor flexibilidad frente a los movimientos sísmicos y la facilidad de reparaciones y eventuales reconstrucciones.

En los valles que conforman la región de Nasca, esta solución constructiva se generalizó en las casas de moradas urbanas, edificaciones civiles como colegios, hospitales y cabildos; en las religiosas, como iglesias, capillas y conventos, extendiéndose a las estructuras productivas dentro de las haciendas y otras propiedades rurales. Un caso inusual y atípico fue el de la capilla de la hacienda jesuítica San Francisco Xavier de Nasca, cuya propuesta se orientó al empleo masivo de ladrillos y adobes, quedando la quincha relegada a elementos puntuales.

## La hacienda San Francisco Xavier de Nasca

La región de Nasca —situada a 448 km al sur de la ciudad de Lima— está conformada por una extensa llanura desértica, surcada por la hoya fluvial del río Grande y sus afluentes, los ríos Palpa, Viscas, El Ingenio, Nasca y Santa Cruz. La existencia de varios ríos que atraviesan esta zona no significa abundancia de agua. Contrariamente, se trata de cauces fluviales con un régimen estacional abundante, pero que suele durar solamente de diciembre a marzo/abril de cada año. El resto del tiempo el agua es escasa y en muchos casos se produce un estiaje total a veces muy prolongado. Esta fue una de las razones por las cuales los pobladores optaron por los viñedos como cultivo prioritario, ya que requiere de riego solamente entre agosto y enero de cada año.

A partir de comienzos del siglo XVII y hasta mediados del siguiente, el desarrollo agrícola en el valle de El Ingenio —ubicado a 28 km al norte de la villa de Nasca— estuvo condicionado en gran medida por la existencia de dos grandes haciendas en manos de la Compañía de Jesús. Ambas tuvieron una significativa gravitación en la economía de una región situada en los límites del desierto y con permanente carestía de agua. Estas fueron la hacienda San José, perteneciente al Colegio de la Transfiguración del Cusco, con sus propiedades anexas de la hacienda La Ventilla, la estancia de San Antonio de Locchas (Ayacucho), el parral de Lucana y las tierras de San Juan de Lacra, Gramadal, Usaca, Coyungo y Ucucaje,[1] y la hacienda San Francisco Xavier, perteneciente al Colegio Máximo de San Pablo de Lima, con sus propiedades accesorias de la hacienda San Pablo, la chacra de Arpichu, la huerta de Llipata, el parral de Cabella y las tierras de Copará (Negro 2007, 344). A través de los años ambos colegios fueron paulatinamente comprando diversas propiedades limítrofes, acaparando casi todas las tierras de cultivo disponibles. Una y otra compartían el uso de un cobertizo de palos y ramas en Puerto Caballa, para el acopio de las botijas de vino y aguardiente y su posterior traslado por vía marítima al puerto del Callao en Lima.

Ambas haciendas se fueron formando paulatinamente a través de las décadas. San Francisco Xavier se situaba en la llanura de Changuillo, dentro del ecosistema del valle de El Ingenio, lindando por una parte con el río Grande y por la otra, con el camino real hacia la ciudad de los Reyes. En 1630, su posee-

dor don Mateo Sánchez la vendió a don Francisco Cabezas Gerión, contando la propiedad con tierras, una bodega de vino y aguardiente, un alfalfar y un platanar. El nuevo dueño la nombró de San Antonio de Buenavista. En agosto de 1657, Cabezas otorgó en donación entre vivos su hacienda con todas sus tierras, edificaciones y aperos al Colegio San Pablo de Lima,[2] que la renombró San Francisco Xavier. A mediados del siglo siguiente, los jesuitas habían logrado extender sus tierras hasta alcanzar las 148,5 fanegadas[3] de tierras cultivables y 291 de bosques y pastizales, que en conjunto sumaban alrededor de 1.266 hectáreas (Negro 2007, 115). Las tierras cultivables eran en su mayor parte viñedos, por lo que su producción estuvo orientaba al vino y aguardiente de uva, y en menor proporción al vinagre y pasas.

La propiedad contaba con una casa principal de morada y otras secundarias, la capilla para los servicios religiosos, las enfermerías de varones y mujeres para atender las necesidades de salud de los esclavos, así como las edificaciones asociadas con la producción y fermentación del mosto, destilado del aguardiente de uva, taller de elaboración y empegado de botijas de arcilla y bodegas de almacenamiento de los productos terminados.

## El diseño de la capilla y la ostentación de su sacristía

Se trata de una obra de considerable tamaño y volumetría, además de hallarse copiosamente decorada con relieves en yesería. Sus dimensiones, organización espacial y ornamentaciones la equiparan con su semejante en la hacienda San José del mismo valle. Fue inaugurada en 1745, fecha propuesta a partir de la campana de crecidas dimensiones y peso que se encuentra en el campanario de la epístola y que lleva como inscripción «San Franscysco Xavyer año de 1745». Tales campanas solían ser conmemorativas de alguna fecha especial y con frecuencia solemnizaban la inauguración del templo.

La capilla fue emplazada a un costado de la vivienda virreinal, reconstruida y reformada a través del tiempo, hallándose su muro de pies alineado con la galería donde se hallaban las habitaciones principales de la casa. Es probable que el atrio de la capilla contara con el usual cerramiento en forma de pretil, pero en la actualidad no queda resto alguno que lo testimonie. Solamente ha sobrevivido delante del frontispicio, un solado de ladrillos pasteleros de considerables dimensiones.

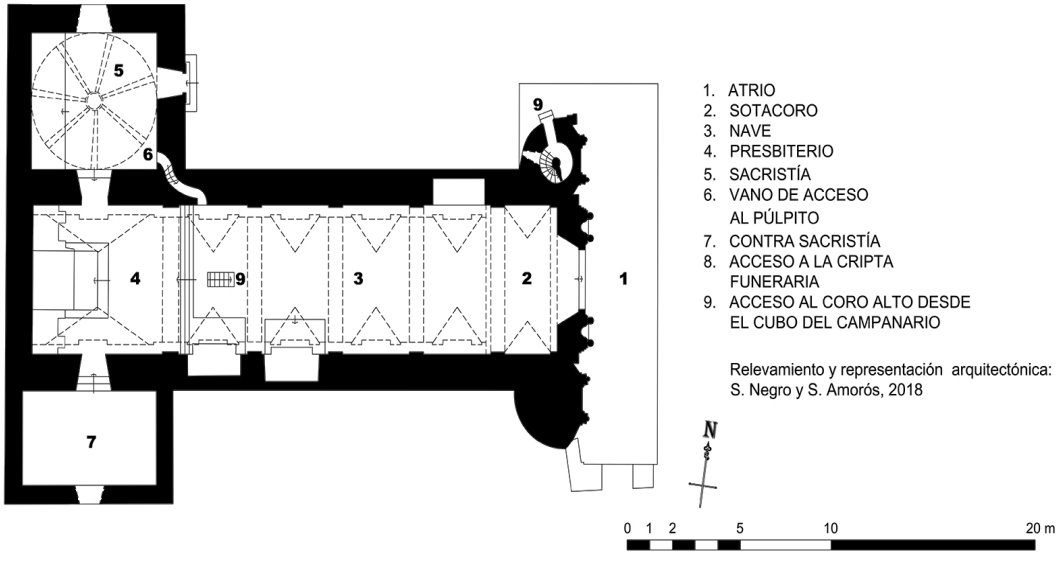



Figura 1
Planta de la capilla (Negro y Amorós 2018)

La planta es rectangular alargada con 34,26 m de longitud y 8,57 m de latitud. Tiene una sola nave, careciendo de crucero y de capillas hornacinas. El muro testero es plano, al igual que en todas las restantes iglesias y capillas de la costa central y sur. Espacialmente la nave está organizada en un primer tramo del sotacoro, más corto que los restantes, situado a los pies, cuatro tramos más que conforman la nave y el tramo del presbiterio de forma cuadrangular. Este último fue planteado con cuatro escalones que lo elevan del piso de la nave. Desde aquí se accedía a dos habitaciones situadas en lados opuestos. Hacia el evangelio fue erigida la contra sacristía. Al lado opuesto y alineado con el vano de la contra sacristía, se accedía a la sacristía.

La sacristía es una habitación cuadrada con 7,87 m de lado y está techada con una cúpula de media naranja sobre pechinas, la cual por su altura y volumen compite con la bóveda de la capilla. Además del vano a partir del presbiterio, existe un segundo ingreso que comunica con el exterior hacia el sector lateral de la epístola. Desde la sacristía se accedía a través de un angosto pasaje de doble curvatura —perforado en la unión de los muros de la sacristía y la nave lateral— hasta el púlpito, que estaba anclado al pilar del arco triunfal. Debido a las diferencias de nivel, al interior de dicho pasadizo fueron incorporados cuatro escalones.

En los pies de la capilla se ubica el coro alto, el cual contaba con un único acceso desde el exterior, ubicado a un costado del cubo bajo de la torre de la epístola. Mediante una escalera en espiral y hurtada, se asciende al nivel del coro y desde aquí continúa subiendo hasta alcanzar el primer cuerpo de campanas. Al extremo opuesto del coro hay un segundo vano que comunica con una escalera, nuevamente de husillo, que permite subir al cuerpo de campanas de la torre del evangelio.

Debajo del presbiterio fue levantada la única cripta funeraria en el templo, a la cual se accedía mediante una escalera que arrancaba desde el cuarto tramo de la nave. Espacialmente ocupaba toda el área relativa al presbiterio. Contaba con 52 nichos dispuestos en dos filas superpuestas y posicionados en forma perpendicular a los cuatro muros del contorno. Hacia el lado opuesto al ingreso y correspondientemente al muro testero de la capilla, fue abierta una ventana que brindaba ventilación a la cripta, evitando hedores al interior de la nave, así como un cierto nivel de iluminación natural. Al centro se edificó un osario en forma de botella, cuya boca estuvo originalmente cerrada con una losa de piedra, hoy desaparecida.

## Diseño y construcción del imafronte

El diseño del imafronte corresponde en el Perú al Barroco de apogeo (1650-1780), con la portada flanqueada por sendas torres campanario. La portada ostenta traza de retablo con cuadrícula completa, de dos cuerpos y tres calles con una anchura de 9,70 m. Ha sido edificada íntegramente con ladrillos de 41 x 21 x 9 cm, abarcando los pedestales, medias columnas que estructuran las calles y los entablamentos que definen los cuerpos. El acabado es obra de yesería, al igual que las ornamentaciones aplicadas. Existen otras dos portadas exteriores, las cuales son la correspondiente a la sacristía y la situada en el muro perimetral de la hacienda, entre el lado de la epístola de la capilla y la vivienda principal. Estas últimas presentan un diseño tardío posterior al siglo XVIII.

Las dos torres campanario son de forma exterior hexagonal, tratándose de un diseño inusual en la arquitectura virreinal peruana.[4] Arquitectónicamente están formados por el cubo bajo y dos cuerpos de campanas sucesivos y en disminución. El cubo bajo tiene un pedestal con una altura desacostumbrada en la región de Ica, ya que alcanza los 2,97 m que es el doble del pedestal del primer cuerpo de la portada. La razón pudo deberse a que sobre dos pilastras en cada cubo bajo, fueron adicionadas unas cartelas en

Figura 2
Imafronte de la capilla (Negro y Amorós, 2018)

la cuales adosaron cuatro figuras antropomorfas cargadoras, que visualmente parecen sustentar cada campanario. Tanto el pedestal, como los cuerpos de campanas tienen remarcados los vértices del hexágono con pilastras y traspilastras, mientras que en el cubo han sido transformadas en medias columnas con traspilastras.

> El cubo del lado del evangelio carece de escalera interior, siendo por lo tanto un bloque completamente cerrado. En cambio, el cubo de la epístola desarrolla en su interior una escalera helicoidal, generando un vacío con planta elíptica, mientras que el exterior mantiene la forma hexagonal. Encima de ambos cubos fue construido el primer cuerpo de campanas, que exhibe seis vanos de anchuras diferentes, lo que generó arcos con curvaturas que van desde el medio punto hasta el carpanel. La construcción fue resuelta con el empleo de ladrillos con dimensiones próximas a los 41 x 21 x 9 cm asentados con mortero de cal y arena.

Sobre este primer cuerpo de campanas, fue edificado un segundo más pequeño, utilizando para ello materiales perecederos, que fueron madera y cañas.[5] La propuesta en el diseño es similar a la del primer cuerpo, si bien los vanos son más alargados, ya que carecían de antepecho. El remate de este segundo cuerpo estaba formado solamente por una cornisa, sobre la cual fue edificado un corto y elemental tambor que sustentaba un cupulino, todo ello con una estructura de madera de algarrobo (Prosopis pallida) y el cerramiento con quincha. No fue considerada una escalera de acceso a éstos, salvo una eventual de mano.

## Morfología espacial, materiales y procedimientos constructivos en la capilla

La complejidad del diseño de la capilla, conjuntamente con su ordenamiento y la evidente pericia edificatoria reflejada en el resultado final, permiten deducir que se trató de una obra planificada. Allí se plasmó una tecnología constructiva de alta calidad muy poco usual en la arquitectura rural, porque el anónimo artífice se apartó de la constante espontaneidad y precariedad de los materiales constructivos perecederos generalmente usados.

En una franca manifestación en contra de la corriente por entonces imperante, limitada al uso de materiales livianos y de muy bajo costo, allí se favoreció al ladrillo como el elemento esencial para la construcción de los muros y pilares, así como para las superficies de cobertura curvas. Esta propuesta edificatoria no fue la más usada en las obras civiles y religiosas del siglo XVIII, principalmente por la notoria escasez de yacimientos de arcilla de buena calidad, que sumados al alto costo que originaba la cocción de los ladrillos en hornos, derivó en un uso bastante restringido en la costa central del Perú virreinal. Una de las razones fue que dentro de esta propiedad existieron dos importantes «barreras» o filones de arcilla. Una de ellas era denominada como de barro fuerte y abarcaba una extensión superficial que sobrepasaba los 6.000 $m^2$, mientras que la llamada como de barro flojo, duplicaba esa área.[6] La arcilla fuerte era mezclada en una cierta proporción con la de barro flojo, para labrar los ladrillos en variadas dimensiones.

Las barreras concertaron un taller de alfarería con hornos para cocer los recipientes, que en suma conformaban una «botijería» que no solo producía las vasijas o botijas para el consumo interno de la hacienda, sino que las excedentes eran vendidas o intercambiadas con las otras haciendas de la comarca, logrando de esta manera un ingreso económico adicional a la venta de los productos vitivinícolas. Esta iniciativa no solo posibilitó la habilitación de espacios para la elaboración de los ladrillos para la capilla, sino que eventualmente fueron comercializados para la construcción de hornos, falcas de destilación y acueductos, entre otros.

Una vez solucionado el problema de la obtención del material constructivo, la erección de la capilla fue iniciada con el trazado en el terreno de la planta de la edificación. Por entonces las iglesias y capillas principiaban la edificación desde el muro testero, por su significación simbólica, para concluir con el muro de pies. Fue así que la obra empezó con la excavación de la cripta funeraria, encima de la cual se ubicó el presbiterio o capilla mayor, así como la cimentación de todos los muros. Se desconoce la profundidad de los cimientos, pero era común excavar hasta encontrar un suelo firme constituido por piedras o cascajo. Si consideramos que los muros laterales de la nave de la capilla se alzan por encima de los 10 m, es probable que cuando menos, el fondo de los cimientos se encuentre a 2 m por debajo del nivel del suelo. En cuanto al ancho de los ci-

mientos virreinales, usualmente sobrepasaba en un 50 % al de los muros, que en el caso de la capilla son de 2 m en promedio. Para darle sustento a una edificación de tanta envergadura, se empleaba una masa de piedras de cerro y/o de río aglomeradas con un mortero de cal y arena, al que con frecuencia se le adicionaba ripio de ladrillo.

Directamente sobre los cimientos y prácticamente al ras del suelo, se edificó un plinto corrido con ladrillos de 41 x 21 x 9 cm, hasta una altura de 1,30 m, los que estuvieron dispuestos en un aparejo incierto, asentados con mortero de cal y arena que rellenaba las llagas entre sí, con un espesor que fluctuaba entre los 2,50 y 3,50 cm. A partir de esta altura, la capilla adoptó el procedimiento constructivo de los arcos ciegos, imperante en las iglesias limeñas desde fines del siglo XVII. Este consistía en edificar pilares de ladrillos sobre los que se apoyaban arcos de medio punto, cuyo vano u ojo era cegado con un relleno de adobes.

Por otra parte, el solado del atrio también fue resuelto con ladrillos de 40 x 40 x 12 cm, dispuestos a 45º en relación al muro de pies. El interior de la capilla —incluyendo la cripta funeraria— fue recubierto con ladrillos de 27 x 13.5 x 6 cm dispuestos en espinapez. Para las huellas de todas las escaleras, se emplearon estos mismos ladrillos en fila, cortándolos cuando era necesario para adaptarlos tanto a la forma de la huella, como a la admisión del mamperlán, de madera de algarrobo y escuadrada en una sección de 9,5 x 6,5 cm.

El muro de pies, así como en los cubos de los campanarios y los muros del perímetro de la sacristía, también están íntegramente construidos con ladrillos. Sin embargo, los muros de la epístola y del evangelio, así como el muro testero y los muros de la contra sacristía fueron edificados con el sistema de pilares y arcos ciegos. A partir de esta tecnología constructiva, los muros longitudinales de la nave están conformados por cinco pilares de ladrillos, de planta cuadrada y de 2 m de lado. Estos se prolongan hacia el interior de la nave, reducidos a 0,90 m de ancho y 0,15 m de profundidad, elevándose 4,00 m del suelo para acoger el grosor del entablamento en obra

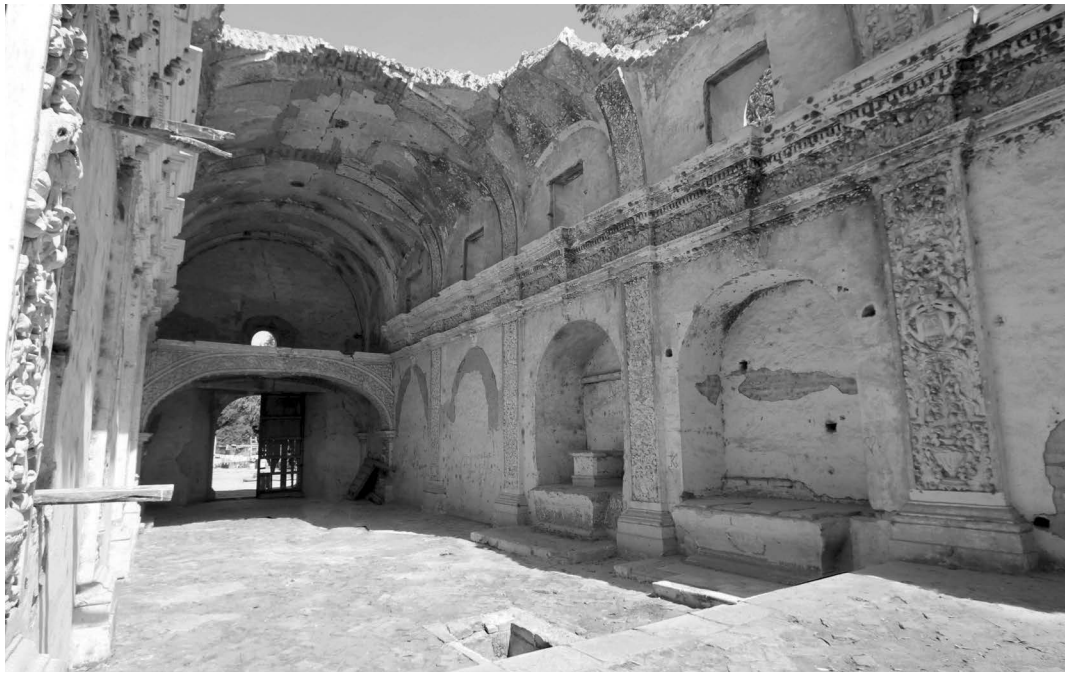


Figura 3
Interior de la nave vista desde el presbiterio (Negro y Amorós, 2018)

de ladrillos y yesería, así como el arranque de los cuatro arcos fajones que estructuran la bóveda de medio cañón corrido, marcando los tramos de la nave y otorgándole ritmo y simetría. De esta manera, cada pilar quedaba arriostrado en el imóscapo por la cimentación y el plinto corrido, así como en el sumóscapo por los arcos ciegos y los arcos fajones.

Este sistema estructural constituyó todo un encomio, porque era una solución eficiente, duradera y económica, que además permitía una considerable disminución en el uso de los ladrillos y del mortero de cal y arena. Esto se confirma porque cada ojo fue cegado con un muro de adobes de 51 x 28.5 x 11.5 cm asentados con mortero de barro. En el primer tramo de la nave hacia el muro de la epístola, se adelgazó el relleno de adobes a tan solo 50 cm, para aprovechar el restante 1,50 m con la finalidad de albergar un retablo, ambición que no logró concretarse. Una solución idéntica fue asumida en el tercer y cuarto tramo del evangelio.

Hacia el exterior e interior de la edificación y en todos los elementos arquitectónicos que requerían un perfil moldurado, como zócalos, capiteles, impostas y entablamentos, se colocaron los ladrillos en voladizo, usualmente raspándoles las aristas. Para el acabado final, aplicaron la yesería con la ayuda de una terraja, para lograr el contorno deseado.

Desde el acceso en el muro de pies, la primera bóveda construida con ladrillos dispuestos a tizón con mortero de cal y arena es la que cubre el sotacoro. El arco y el contorno de la bóveda en ese espacio responden a la curvatura de un arco adintelado, si bien no es precisamente simétrico. Esta inexactitud constructiva fue hábilmente disimulada por el empleo de una profusa ornamentación en yesería, así como por la leve penumbra en la que se mantiene este sector de la edificación. De otro lado e iniciando un ritmo que se acentuaría en la nave, dicha bóveda de medio cañón corrido fue intersecada a cada extremo por bóvedas cónicas o cuñas que, solo en este caso, forman lunetos ciegos.

Sin duda, el espacio mejor logrado está conformado por la conjunción de la nave-presbiterio y su cobertura, constituida por una bóveda de medio cañón corrido generada por un arco de medio punto, intersecada en cada tramo por sendas cuñas. Esta superficie curva fue construida con los mismos ladrillos empleados en los muros, pilares y arcos, que aquí han sido aparejados radialmente a tizón, con mortero de cal y arena. La similitud de las dimensiones de cada uno de los tra-

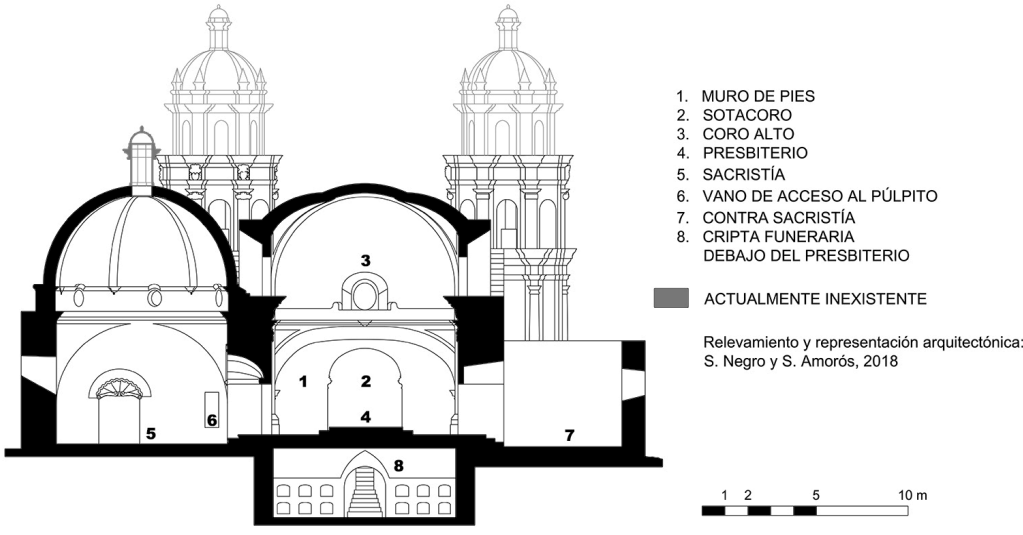



Figura 4
Sección trasversal de la sacristía, presbiterio y cripta (Negro y Amorós, 2018)

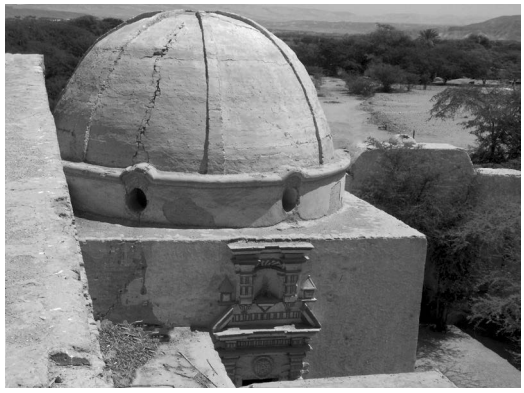


Figura 5
Cúpula semiesférica de la sacristía (Negro y Amorós, 2018)

Figura 6
Intradós de la cúpula de media naranja sobre pechinas (Negro y Amorós, 2018)

mos permitió ensamblar y desarmar cada una de las cerchas de madera que tuvieron que erigirse para construir las coberturas curvas, que alcanzan los 11,00 m en el ápice interior y que tienen el espesor de la longitud de un ladrillo, equivalente a 41 cm. Las dimensiones cambian radicalmente al arribar al presbiterio de 8,57 x 8,15 m, cuya forma casi cuadrada admitía diferentes alternativas para la cubierta.

La cobertura original sobre el presbiterio colapsó en 1960, sin dejar testimonio alguno que aclarase cómo fue originalmente. Los escombros fueron retirados del suelo poco tiempo después y la única fuente de interpretación para deducir su probable apariencia, consistió en la observación del inmueble. En los lados de la epístola y del evangelio, así como hacia el muro testero permanecen los lunetos o medios círculos que limitaban la cobertura. Mientras que la altura del ápice del muro testero y del arco triunfal es la misma, la de los muros de la epístola y del evangelio es inferior. Este hecho permite deducir, que la propuesta de construir allí una bóveda vaída o una de arista habría tenido notables inconvenientes. Estos argumentos nos permiten concluir que continuaron y amplificaron la propuesta que provenía desde el muro de pies, edificando otra bóveda de medio cañón corrido de una curvatura similar, pero intersecada por cuñas de gran longitud.

Como los lados de la epístola y del evangelio se alzan hasta los 7,30 m, encima de ellos compusieron un tránsito exterior, que comunicaba longitudinalmente desde el primer cuerpo de campanas hasta el muro testero. Este facilitaba la circulación para la necesaria limpieza y reparaciones de la bóveda.

## El diseño y solución constructiva de la sacristía

Este espacio arquitectónico exigió una solución diferente y no menos lograda. En este caso, se optó por erigir los cuatro lados de la planta cuadrada con el masivo empleo de ladrillos asentados con mortero de cal y arena. De esta forma, se otorgó solidez a los muros que constituyen la habitación, haciendo innecesaria la adición de cualquier contrafuerte en las esquinas. El muro que limita con el presbiterio de la capilla tiene 2,00 m de espesor, porque comparte su resistencia estructural entre los dos ambientes. Los otros tres muros tienen un espesor menor que oscila entre 1,60 y 1,80 m, que otorgan suficiente estabilidad a la construcción. Los cuatro muros tienen una altura de 5,50 m y rematan en una forma semicircular, para enlazar con las cuatro pechinas que soportan un tambor bajo, sobre el que asienta una voluminosa cúpula semiesférica. Sobre el óculo y en el cenit de la cúpula, se construyó una linterna en madera rematada en un cupulino, actualmente inexistente.

La sorpresa y artificio expresados en el contraste entre el interior y el exterior, manifiesta a las claras el inusitado valor arquitectónico y constructivo de la sacristía. Esta destaca a simple vista por su imponente volumen, generado por la prolongada altura de 11,50 m en el ápice interior, que origina la pérdida de la escala humana. Por otro lado, desde el exterior se per-

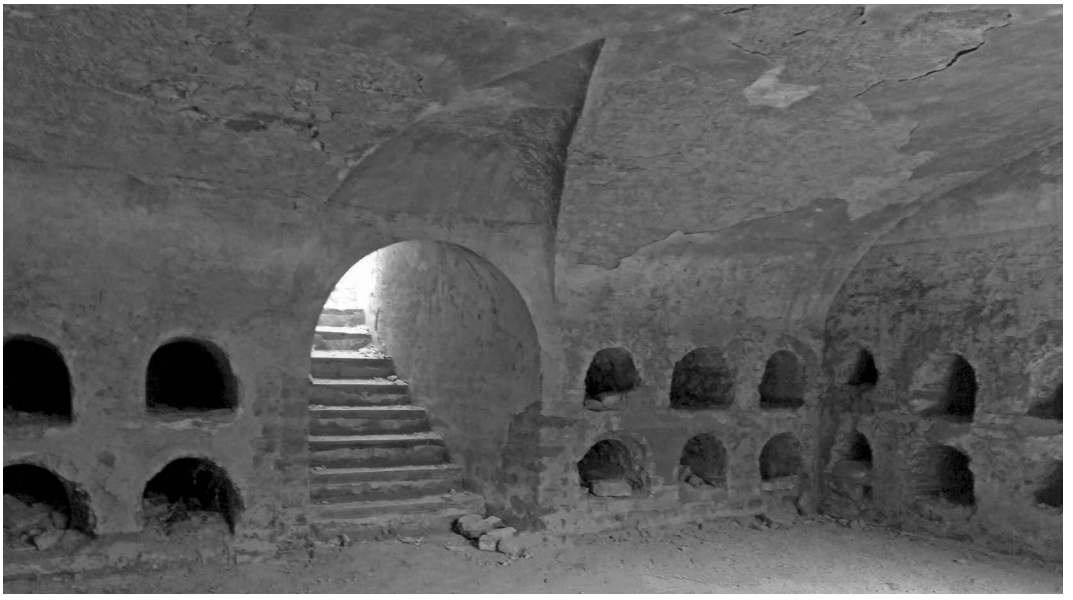


Figura 7
Cripta funeraria debajo del presbiterio (Negro y Amorós, 2018)

cibe con claridad que es un poco más alta que la bóveda de medio cañón corrido dispuesta sobre la capilla.

Existe un continuo contrapunto entre la percepción de los elementos arquitectónico-estructurales del interior y su manifestación exterior. Dentro del espacio, se aprecia una imposta en voladizo conformada por un entablamento, encima del cual se erigió un tambor en el cual fueron abiertos siete óculos elípticos. El tambor termina en una cornisa que contiene siete pequeñas ménsulas que coinciden con el resalte del espesor de los arcos del intradós y se sitúan de modo alternado con los óculos. Sobre esta se desarrolla la cúpula, compartida en siete husos semiesféricos delimitados por igual número de arcos. Los husos están formados por hiladas de ladrillos dispuestos de soga, que concéntricamente y en disminución, constituyen la forma semiesférica hasta llegar al óculo del ápice. En el exterior la percepción volumétrica es distinta, ya que expresa solidez y macicez. Destaca visualmente la planta cuadrangular y sobre ella, el tambor con una altura de 1,24 m que comprende una gruesa moldura de ladrillos que lo recorre completamente, curvándose encima de los óculos, generando un entibo estructural. En el extradós también resaltan los arcos estructurales en ladrillo, reforzados en el peralte con una doble fila de ladrillos, todo lo cual fue recubierto con una capa de yesería.

## La cripta funeraria y la exaltación del último lugar de reposo

El espacio no pudo ser más significativo y sagrado, porque si bien el acceso se encuentra en el cuarto tramo de la nave, la cripta se ubica exactamente debajo del presbiterio e inclusive, uno de sus lados es la base y apoyo del muro testero. La cripta fue erigida empleando los mismos ladrillos y mortero, y si bien se percibe como una forma casi cuadrada, en realidad es un rectángulo de 8,40 m en el muro testero y 7,50 m en cada lado transversal.

La profundidad de los 52 nichos mortuorios contenidos en sus cuatro lados alcanza los 2,00 m. Esta disposición ocasionó que los 16 nichos, situados en dos filas superpuestas en cada uno de los muros laterales, debilitasen la estructura del presbiterio que quedó seriamente afectada con los diversos intensos terremotos en la región, produciendo el colapso de bóveda tendida sobre la capilla mayor.

El muro perimetral de la cripta fue construido hasta obtener los 1,80 m de altura, desde donde arranca la curvatura carpanel de una bóveda de medio cañón corrido, resuelta con ladrillos y que alcanza los 3,20 m de altura en el ápice. La cubierta curva apenas está interrumpida por la cuña que la interseca para admitir la escalera que desciende desde la nave.

Si tomamos como referencia a las bóvedas sobre los tramos de la nave y encima del presbiterio, destaca el cambio de sentido en la curvatura de esta bóveda, que está transversalmente dispuesta en relación con las anteriores. Esta alternancia en el sentido de las curvaturas, muestran una superposición de estructuras con la factible intención de aminorar los efectos destructivos de los sismos.

## Comentarios finales

Los devastadores terremotos en la segunda mitad del siglo pasado afectaron seriamente el inmueble, en especial a la bóveda de medio cañón corrido. El tramo correspondiente a la capilla mayor se desplomó con el seísmo de 1960, desestabilizando la edificación. Esto suscitó que, con los poderosos movimientos telúricos de los años posteriores, se derrumbara la bóveda tendida sobre los tramos tercero y cuarto de la nave. Si bien la cúpula semiesférica sobre la sacristía aún existe, serias rajaduras denotan su inestabilidad estructural.

La Reforma Agraria aplicada entre 1969 y 1979, que trajo consigo masivas expropiaciones de tierras y bienes inmuebles asociados, generó su abandono y la ausencia total de urgentes reparaciones. Si bien desde 1970 hubo varios intentos de llevar a cabo su restauración y puesta en valor, ninguno ha cristalizado hasta el presente. En 2010 fue incorporada por la Fundación Mundial de Monumentos-WMF a la lista de monumentos valiosos que están en riesgo en todo el mundo.

La excepcional calidad de la capilla, cripta funeraria y destacada sacristía, requieren con urgencia de un plan integral de rescate y puesta en valor. La reciedumbre del material constructivo hace factible una intervención, sin las inmensas complejidades generadas en los inmuebles edificados con adobes y quincha. Es necesario contar además con un adecuado plan de gestión patrimonial, que asegure la permanencia testimonial de una significativa arquitectura local, caracterizada por su unicidad constructiva en la región de Ica e inscrita dentro de una etapa de riqueza productiva de vino y pisco en el Perú.

## Notas

1. Archivo General de la Nación Lima, en adelante A.G.N.L. 1619. Compañía de Jesús, Títulos de Propiedad, Leg. 8, Cuad. 165, fs. 283 y ss.
2. A.G.N.L. 1656. Compañía de Jesús, Títulos de Propiedad, Leg.73, Cuad. 25, f.103.
3. Una fanegada equivale a 28.844 m2 o 2,88 has.
4. El único diseño con campanarios poligonales de mediados del siglo XVIII en Lima se ubica en la iglesia de Los Huérfanos y tienen planta octogonal.
5. El segundo cuerpo de campanas de la epístola colapsó con el seísmo de 1979, mientras que el correspondiente al evangelio se desplomó en 1985 debido a que los xilófagos habían debilitado la estructura. La reconstrucción gráfica del segundo cuerpo de campanas se apoyó en las fotografías de los años 1970-75 proporcionadas por Ana María Soldi Soldi.
6. A.G.N.L. 1775. Temporalidades, Títulos. Leg. 51, Cuad. 2, f. 23.

## Lista de referencias

Angulo, Domingo. 1940. Autos que se comenzaron por mandato del Excelentísimo Señor Duque de la Palata, Virrey de estos reynos para trasladar la villa de Pisco a un paraxe más seguro y alejado de la mar. Año de 1668. En *Revista del Archivo Nacional del Perú*. Vol. 13, entrega 1, 9-44.

Cobo, Bernabé. [1639] 1872. *Historia de la Fundación de Lima*. Lima: Imprenta Liberal.

Negro, Sandra. 2007. Historia, arquitectura y arte en las haciendas de la Compañía de Jesús en el Virreinato del Perú. Tesis doctoral. Universidad Pablo de Olavide. https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=159281

Rossel, Alberto. 1964. *Historia regional de Ica. Época colonial*. Lima.

Sánchez Elías, Julio. 1957. *Cuatro siglos de historia iqueña*. Lima.

Seiner, Lizardo. 2017. *Historia de los sismos en el Perú. Catálogo: Siglos XV-XVII*. Lima: Universidad de Lima.

# El incomprensible equilibrio de la cúpula del templete neoclásico del parque Torreblanca

Belén Onecha
Alicia Dotor

El templete circular neoclásico objeto de esta comunicación se encuentra en el interior de los actuales jardines públicos del parque Torreblanca, propiedad del Consell Comarcal del Baix Llobregat, cuyos terrenos se extienden por tres de los municipios del Área Metropolitana de Barcelona: Sant Joan Despí, Sant Just Desvern y Sant Feliu de Llobregat.

El jardín en el que se ubica el templete es de estilo romántico y fue promovido por el marqués de Monistrol d'Anoia en 1854. Sin embargo, se desconoce el autor de su diseño y construcción, cuyo primer testimonio fotográfico data de 1880.

El templete se ubica sobre un promontorio elevado en medio de un lago. De forma circular, se eleva sobre un podio y se configura con ocho columnas corintias unidas dos a dos sobre pedestales esculpidos en forma de prisma rectangular. Sobre las columnas se dispone el tambor, decorado con friso y cornisa, y una cúpula semiesférica de extradós revestido con escamas cerámicas y coronada por un pináculo de piedra.

En 2016 y debido al deficiente estado de conservación del templete, el Área Metropolitana de Barcelona promueve el proyecto de restauración, hecho que origina la necesidad de realizar una investigación histórica sobre los orígenes del elemento, así como un estudio constructivo-estructural de la cúpula.

## Investigación histórica

La evolución histórica del templete circular neoclásico objeto de esta investigación va directamente ligada a la de los jardines que le rodean, es por ello que la investigación histórica también los contemplaba.

Cabe decir que la información histórica existente consultable es muy reducida. La documentación relativa a la familia de los Marqueses de Monistrol, propietarios y promotores de la construcción de los jardines y el templete, está muy dispersa, repartida entre los descendientes de la familia, o de los que fueron administradores de la finca, y también buena parte de la información se localiza en el Archivo de la Corona de Aragón y no es consultable.[1]

Lo que sí se sabe es que la propiedad de los terrenos en que se ubican está documentada desde la Edad Media, con una referencia en 1310 a la torre Soller o de Fonollar. En 1564 aparece por primera vez el nombre de Torre Blanca, pero no se tiene noticia de los jardines románticos hasta la segunda mitad del siglo XIX.[2]

Concretamente en 1854, Josep Maria Escrivá de Romaní i Dusai, tercer marqués de Monistrol d'Anoia, se convierte en propietario de los terrenos y decide renovar completamente la finca con la construcción de un gran palacio de estilo neogótico catalán y unos jardines románticos, de los que nunca se

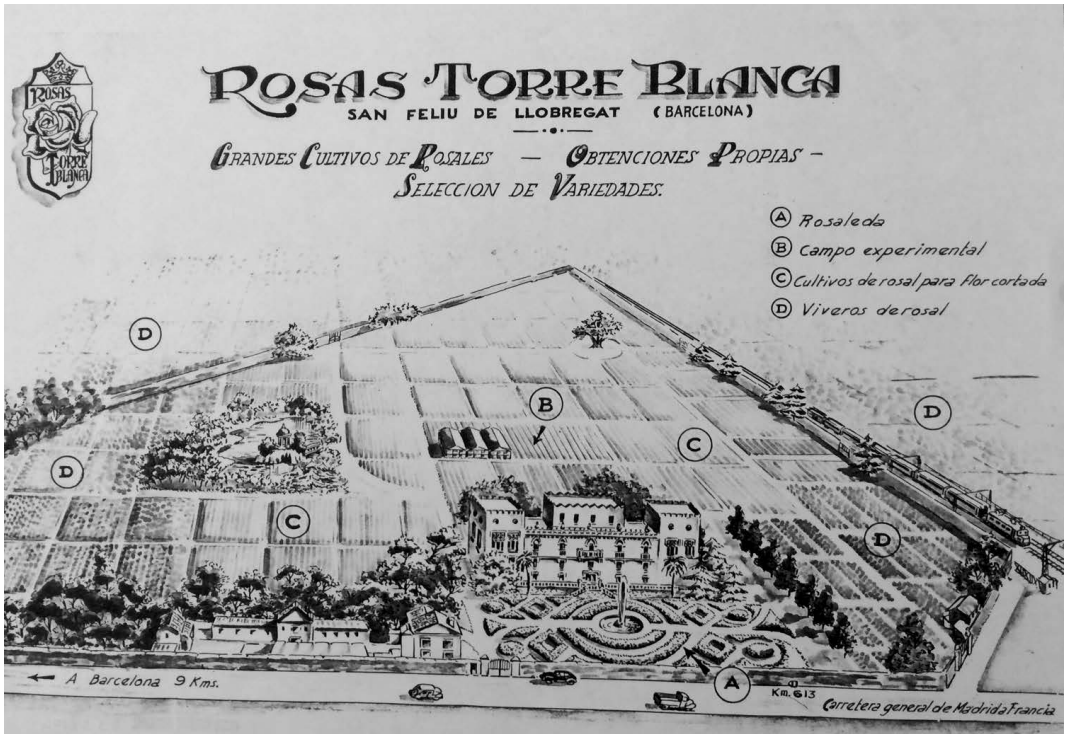



Figura 1
Dibujo de los jardines románticos y el palacio, en primer plano. En la zona izquierda de la figura se observa el lago y el templete (Armengol 1999, 41)

han encontrado datos definitivos sobre quién pudo ser el proyectista (Jiménez 2016).

La guerra civil afectó gravemente Torre Blanca, que sufrió diversas ocupaciones, en consecuencia, el palacio acabó siendo derribado en 1958. Los jardines pertenecieron a esta familia hasta 1982 en que la Corporación Metropolitana compró la finca a los marqueses de Monistrol y comenzaron las obras que llevaron a la apertura de Torreblanca como parque público en abril de 1983.

El templete se encuentra en el interior de los jardines, sobre un promontorio ubicado en la zona central, dentro de un pequeño lago.

Las primeras fotos que se conservan del promontorio y del templete son de la década comprendida entre 1880 y 1890 (figuras 2 y 3).

Se han localizado algunas imágenes más de finales del siglo XIX y principios del XX (figura 4). En cambio, a partir de 1960 las imágenes proliferan, pues el

Figura 2
El promotorio del lago del parque Torreblanca, años 1880-1890 (Autor desconocido, foto original del Sr. Ramon Safont, copia cedida por el Arxiu Comarcal del Baix Llobregat (A.C.B. L.)

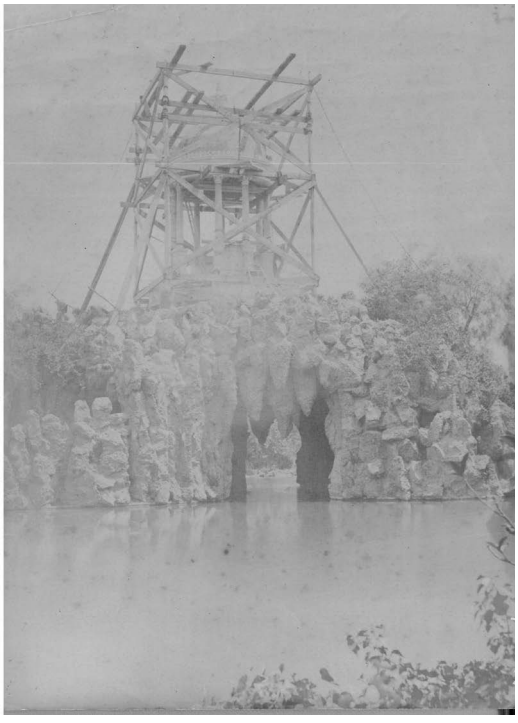


Figura 3
El templete del parque Torreblanca en construcción, 1880 (Autor desconocido, foto original del Sr. Puigrós Modolell, copia cedida por el Arxiu Històric de Sant Just Desvern (A.H.S.J.D.))

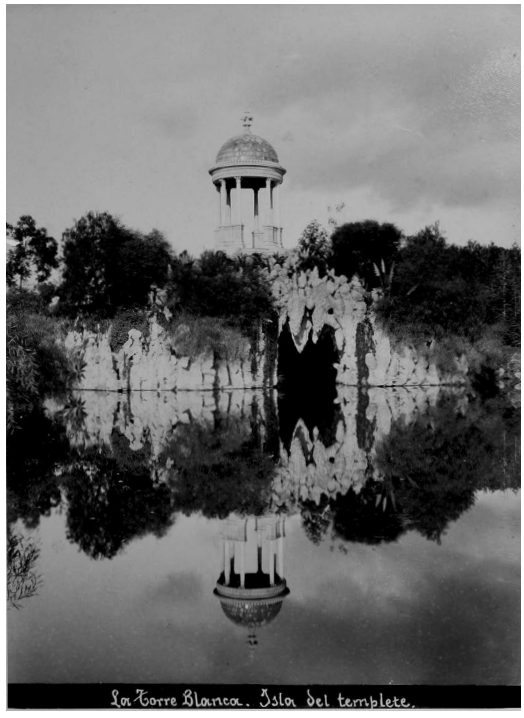



Figura 4
El templete del parque Torreblanca en 1888 (Albúmina del autor J.E. Puig. Colección de imágenes del Baix Llobregat)

templete se convierte en objetivo habitual de los fotógrafos amateurs (figura 5).

## Descripción físico-constructiva

El templete es una edificación circular que repite la forma y los elementos de los templetes característicos de los jardines neoclásicos, un podio elevado del terreno, ocho columnas corintias sobre pedestales rectangulares unidos dos a dos, friso y cornisa esculpidos y cúpula rematada por un pináculo (figura 6).

Como elementos de especial interés del templete cabe destacar los pedestales de las columnas. Su origen estaría en la casa palacio que la familia Dusai se construyó en el siglo XVI en la calle Regomir de Barcelona, y que constaba de un patio interior con columnas, jónicas en el primer piso y corintias en el segundo, sobre pedestales rectangulares de piedra arenisca donde aparecían esculpidos bajorelieves con motivos de trofeos romanos, prosiblemente obra del artista Damià Forment, considerado uno de los mejores escultores de la Corona de Aragón del siglo XVI (Jiménez 2016, p. 4).

Otro elemento de interés era el altar romano originario de Cartagena y conocido como Ara Pacis, un prisma rectangular de mármol esculpido con imágenes relativas al culto a la salud (Bailón 2010) y a la promoción pública de la vida y obra del emperador romano Augusto (Noguera 2000). Esta pieza llegó a la finca Torreblanca en 1895 y se colocó en el interior del templete, donde estuvo hasta 1936, en que se trasladó al Museu d'Arqueologia de Barcelona (Jiménez 2016, p.9) (figura 7).

Los materiales presentes en el templete son la piedra natural para el podio de 62cm de altura sobre el

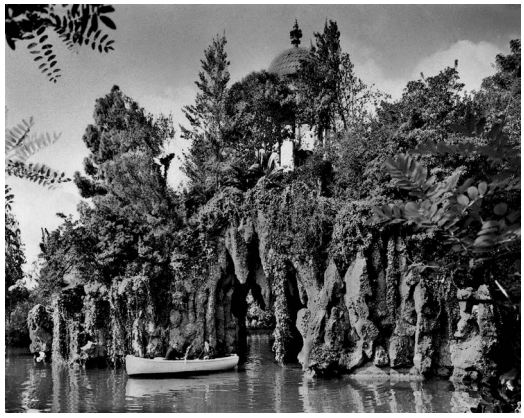


Figura 5
El templete del parque Torreblanca en la década 1950-60 (Postal de Cebollero, copia cedida por A.C.B.L.)

que descansa todo el conjunto, también para los pedestales, el tambor, el friso, la cornisa y el pináculo de coronación; teselas de piedra calcárea para la formación en mosaico del pavimento; mármol para las columnas corintias; ladrillo cerámico para la conformación de la cúpula; yeso con fibras y policromía para los casetones ubicados en el intradós de la misma; escamas cerámicas vidriadas para el revestimiento del extradós de la cúpula y mortero de cal como aglomerante principal, a excepción de los sillares curvos que constituyen el tambor y que están rejuntados con mortero de cemento pórtland. (figuras 8 y 9).

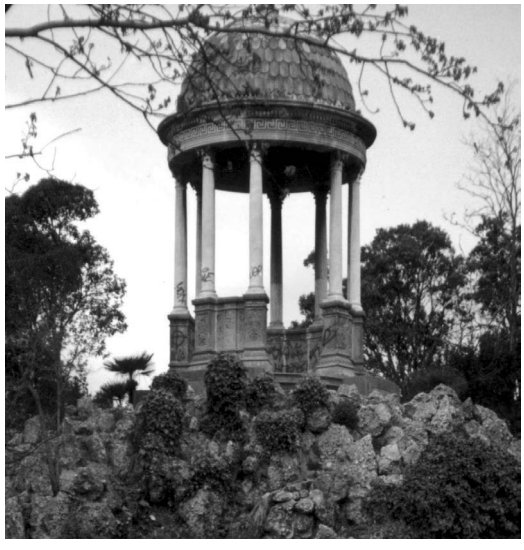


Figura 6
Imagen del templete en 1999 (Sònia Gasulla, fondo Vaivé, foto cedida por A.C.B.L.)

El templete no había sufrido cambios sustanciales en su configuración constructivo-estructural original, pero sí experimentaba una importante degradación de los elementos de revestimiento, como eran el pavimento de mosaico, los elementos ornamentales de piedra, las escamas cerámicas que revestían el extradós de la cúpula, así como los casetones de yeso que recubrían su intradós y el pináculo que culminaba la cúpula.

El elemento que suscitaba mayor interés era la cúpula de doble hoja de ladrillo macizo conformada sobre una retícula de meridianos y paralelos de ladrillo macizo que, en los huecos generados, albergaba casetones de yeso policromados.

## Estudio del equilibrio estructural

La estructura horizontal del templete es una cúpula de doble hoja de ladrillo macizo sobre una red tridimensional de meridianos y paralelos de ladrillo macizo. Todo el conjunto descansa sobre un tambor de piedra natural y este sobre la estructura vertical, que consiste en 8 columnas de mármol dispuestas sobre 8 pedestales, unidos 2 a 2 (figura 10). Este sistema, formado por 4 conjuntos de pedestales, se apoya sobre un podio de piedra natural que levanta y entrega todo el conjunto al promontorio de roca que, a su vez, alberga una cueva en su interior.

El estudio el equilibrio estructural de la cúpula no se pudo desarrollar por el método de análisis de membrana, puesto que solo puede aplicarse a casquetes rebajados que no soportan cargas concentradas (Huerta 2004, p. 443), y en este caso existía la carga puntual, importante, del pináculo que coronaba la cúpula. Por esta razón, el análisis se realizó por estática gráfica de un "gajo" correspondiente a uno de los 8 meridianos presentes en el intradós de la cúpula.

El resultado no dejaba lugar a dudas, el empuje resultante no estaba contenido en la sección de las columnas, con lo que debía existir algún elemento de contrarresto.

En la arquitectura catalana de finales del siglo XIX y principios del XX, este elemento de contrarresto era

LA ESFERA

RESIDENCIAS ARISTOCRÁTICAS

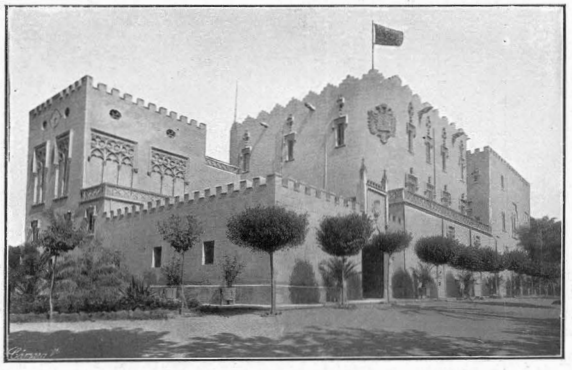
# EL CASTILLO DE LOS MARQUESES DE MONISTROL

En la fértil llanura del Llobregat, rodeado de jardines de ensueño, se alza un castillo señorial. Sobre una torre se destaca la bandera que es pregón de la estancia de sus dueños; y en el frente del edificio se ven las armas de los Escrivá de Romaní.

Cataluña, el admirable país de la vegetación floreciente, de las grandes fábricas, de las líneas de ferrocarril, tiene rincones de paz, algo como una tregua en su faena; tiene valles, poéticos como madrigales, montañas escarpadas, desnudas, aspectos incomparables de vida...

Torre Blanca está como engarzada en un parque bellísimo: viejos árboles que forman bosques, estanques surcados por cisnes, campos de deportes, frontón, tennis, y el lago que rodea una isla bajo la cual está la gruta y en ella el embarcadero.

No faltan inmensas estufas donde se cultivan las plantas más extrañas; ni árboles frutales, ni pabellones que dominando los jardines permitan su contemplación.



Vista general del castillo de los marqueses de Monistrol en San Feliú del Llobregat (Barcelona)

El castillo, que viene de antiguo en la noble estirpe de los marqueses de Monistrol, es hoy de la marquesa viuda de este título, condesa de Alcubierre, de las más preclaras familias catalanas, Grande de España, dama de S. M. la Reina y tan admirable por su bella elegancia y distinción como por el talento que ha sabido desplegar para regir una de las primeras casas españolas. A ella se debe la actual situación de este castillo, confortable, moderno en lo que la vida requiere, sin perder el sello de su historia, como se debe á ella el ambiente de arte que ha sabido imprimir á su palacio-museo, de Madrid, en la calle de la Luna.

El difunto marqués de Monistrol, tan caballeroso como inteligente, murió con el deseo de hacer nuevas obras en el castillo, y su viuda las ha realizado, ateniéndose exclusivamente á aquel deseo. La entrada principal de la casa, conduce á lo que llaman el patio andaluz, decorado con azulejos de colores vivos y con un surtidor en el centro.

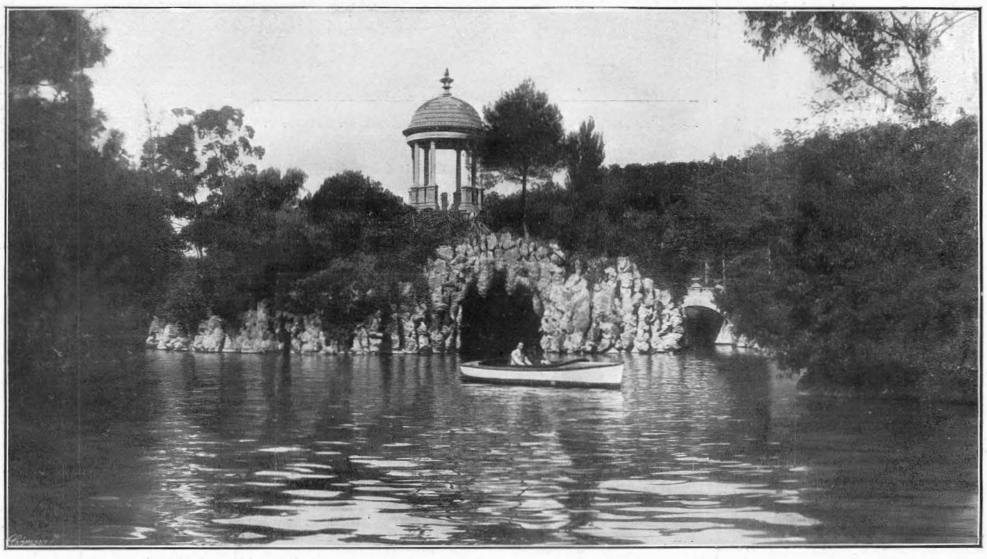
La escalera, de estilo gótico, como la casa toda, lleva á un gran recibidor donde se admiran bargueños de verdadero mérito. En este piso están los magníficos salones adornados con altas chimeneas, cuadros de valía como el de una Monistrol, un marqués de San Dionís y otros ilustres ascendientes; la sala china es alegre y está decorada con bambúes y tapicería apropiada; en esta pieza están el billar y las mesas de *bridge* ó tresillo.

La *serre*, inundada de luz y alegría, da acceso al soberbio comedor; pertenecen ya estas habitaciones á la ampliación del castillo.

El comedor tiene grandes ventanales que dan á los jardines y está decorado con el lujo que corresponde á tan grandes señores.

En él se reunen siempre más de veinte personas, pues á la condesa de Alcubierre y sus hijos los jóvenes condes de Sástago, los marqueses de Marbais, la muy linda María Escrivá de Romaní, cuya belleza perfuma la modestia, y el marqués de San Dionís, acompañan siempre en estas temporadas otoñales de campo, buen número de aristocráticos invitados, amistades íntimas de la familia de los Monistrol.

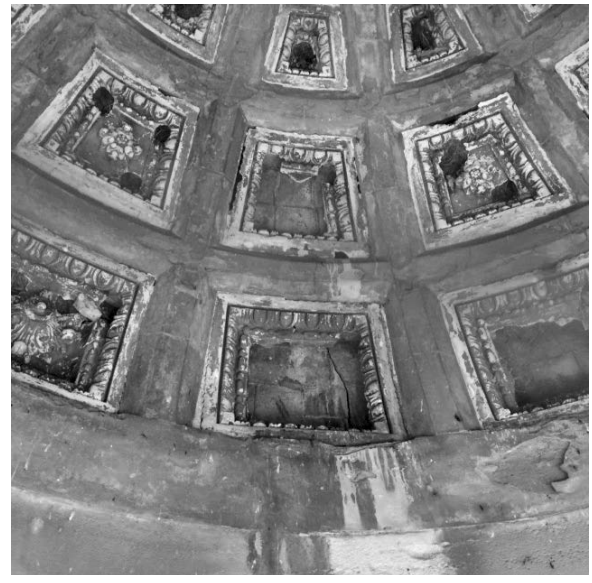
Las terrazas que permiten admirar el paisaje,



Pintoresca vista del lago en el gran parque del castillo

Figura 7

Imagen del palacio y del templete publicadas en la revista La Esfera, número 44, del 31 de octubre de 1914. Dentro del templete se distingue una pieza central, ¿el Ara Pacis?



Figuras 8 y 9
Pedestales romanos, casetones del intradós de la cúpula (fotografías de las autoras)

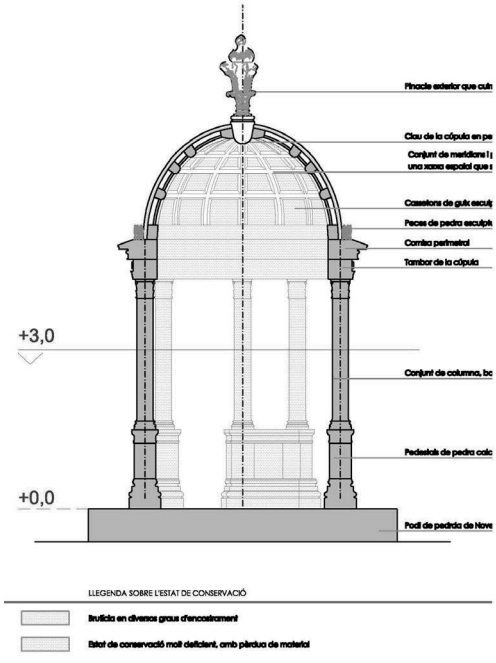



Figura 10
Sección constructiva del templete (dibujo de las autoras)

habitualmente un zuncho de acero integrado en la obra de fábrica de ladrillo macizo del tambor, pero en este caso, el tambor estaba configurado con obra de fábrica de piedra.

A simple vista no se apreciaba ningún zuncho de acero, ni tampoco las grietas concéntricas en la base de la cúpula que suelen ser habituales como consecuencia de la oxidación de dicho elemento. Aún así, se solicitó un estudio con magnetómetro para determinar la presencia de acero en el tambor de la cúpula.

Cuando el magnetómetro recorría longitudinalmente la superficie del tambor, no detectaba ningún elemento metálico continuo, sino que daba señal de detección únicamente cuando pasaba cercano a las juntas entre los sillares curvos que conformaban el tambor. Juntas que, curiosamente, estaban rellenas de mortero de cemento pórtland, mientras que el resto de juntas del templete estaban rellenadas con mortero de cal.

La investigación de los tratados históricos de arquitectura nos dio la respuesta sobre la estabilidad estructural del templete y el tipo de elemento que contrarrestaba los empujes de la cúpula. Las ilustraciones del tratado de Jean Rondelet *Traité et pratique de l'art de bâtir*, de 1812, correspondientes al Tem-

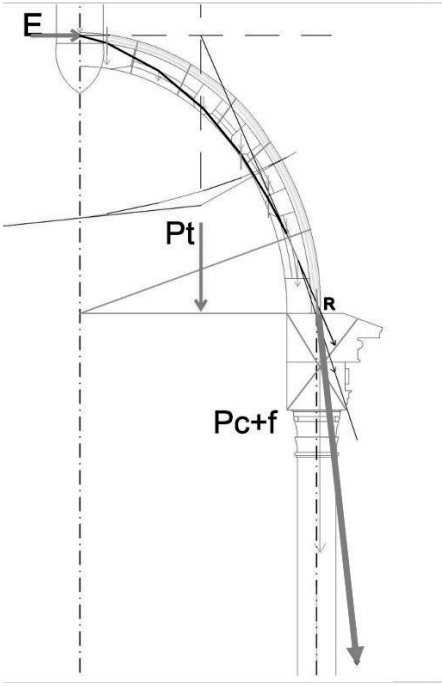
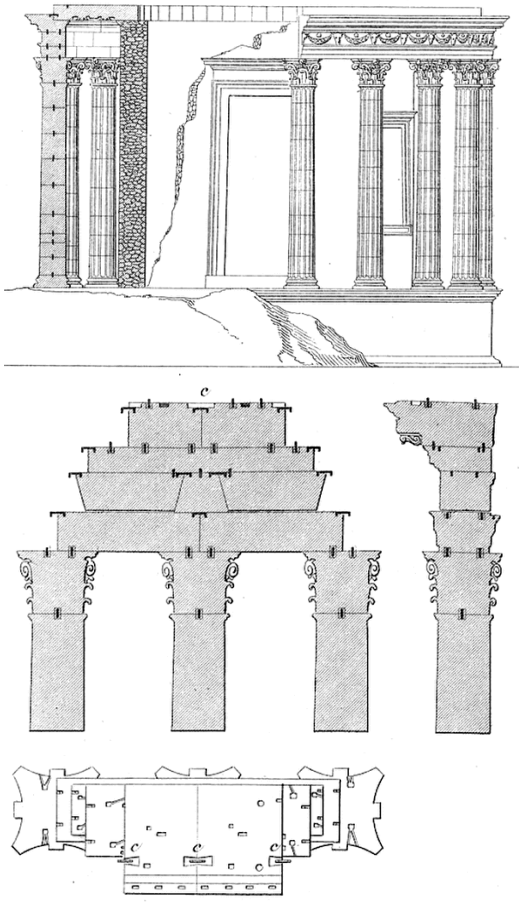



Figura 11
Estudio del equilibrio estructural de la cúpula a partir del análisis por estática gráfica de 1 de los nervios (dibujo de las autoras)



Figuras 12 y 13
Ilustraciones del Templo de Tívoli y del Templo de Júpiter en Roma (Rondelet 1802)

plo de Tívoli y del Templo de Júpiter en Roma, e incluso las que se refieren a Sainte Geneviève en París, muestran el contrarresto de arcos, bóvedas y cúpulas en base a grapas de acero que ligan los sillares o dovelas. (figuras 12 y 13)

## Conclusiones

El equilibrio estructural de la cúpula no se basa en un zuncho perimetral, sistema más habitual de estribado en la arquitectura catalana de finales del siglo XIX y principios del XX, sino en una serie de grapas de acero entre las dovelas del tambor, tal y como explica Rondelet en su tratado de 1812.

Esto quedó demostrado a través del estudio realizado con el magnetómetro, que únicamente emitía señales cuando pasaba junto a las juntas entre piezas del tambor.

Ratifica esta conclusión el rejuntado entre las piezas del tambor con mortero de cemento pórtland (figura 14), mientras que las juntas del resto de elementos del templete están realizadas con mortero de cal. Como hipótesis razonable, cuando se desmontó la cimbra de la cúpula y está comenzó a producir empujes, los sillares curvos del tambor empezaron a abrirse, este movimiento fue el que activó la reacción de las grapas de acero para contrarrestar los empujes. Las juntas abiertas permitían que las grapas entrasen en contacto con el agua y el oxígeno, lo que pudo llevar a un estado inicial de oxidación de las mismas y, para evitarlo, se procedió al rejuntado con mortero de

Figura 14
Vista de los rejuntados con mortero de cemento pórtland entre los sillares curvos que configuran el tambor de la cúpula (Onecha, Dotor 2016)

cemento pórtland, mucho más habitual en la construcción a inicios del siglo XX que a finales del XIX, cuando se construyó el templete.

## Notas

1. Acceso denegado (para consulta en sala y/o reproducción de documentos) por carecer del tratamiento técnico específico que permita garantizar su control y conservación, en virtud de los arts. 44 y 46 de la Constitución Española, de las disposiciones de desarrollo de la Ley 16/1985, del Patrimonio Histórico Español, así como lo dispuesto en el art. 25.2 del Real Decreto 1708/2011, en el que se establece el Sistema Español de Archivos y se regula el Sistema de Archivos de la Administración General del Estado y de sus Organismos Públicos, incluido su régimen de acceso. http://pares.mcu.es/ParesBusquedas/servlets/Control_servlet?accion=3&txt_id_desc_ud=4026049&fromagenda=I&txt_primerContiene=1 (11/04/2022)
2. https://www.elbaixllobregat.cat/parctorreblanca/historia (11/03/2022)

## Lista de referencias

Armengol, J.; Botella, J.; fot. García, J. y Parcs i Jardins de Barcelona. 1999. *Catalunya, terra de roses.* Ed. Diputació de Barcelona.

Bailón García, M. 2010. *Divinidades protectoras de la salud y del bienestar: el caso de la llamada Ara de la Salud de Carthago Nova*. En Espacio, Tiempo y Forma, 23, pp. 245-258

Huerta, S. 2004. *Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Instituto Juan de Herrera. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

Jiménez Zamora, J. 2016. *Tres novetats i una polémica. Notícia de tres conjunts patrimonials procedents del Palau de la Torre Blanca*. Congreso "El Baix Llobregat a debat. La sorpresa del present i la il·lusió del futur", 8 -9 de julio de 2016, Barcelona.

Noguera Celdran, J.M. 2002. *Carthago Nova: una metrópoli hispana del Mediterráneo occidental en Cartagena Romana*. Historia y Epigrafía. Ed. Tabularium, Murcia, p. 49-88

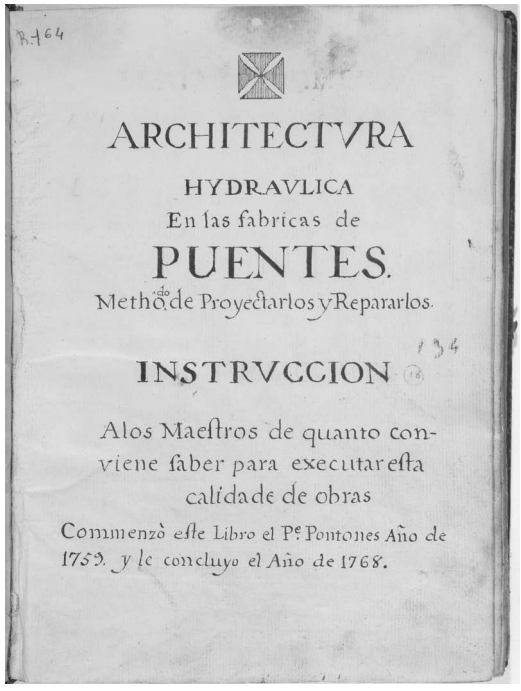
Rondelet, J. *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir*. París: L'auteur, 1802-1818

# La construcción de las cimentaciones de puentes y su reparación en un tratado excepcional: la *Arquitectura hidráulica en la fábrica de puentes* (1768) del padre Pontones

Benedetta Orfeo
Javier León
Daniel Crespo

Antonio de Pontones (1717-1774), ordenado jerónimo en 1744, es un prestigioso maestro y responsable de proyecto, dirección de construcción y reparación de un considerable número de puentes españoles. Se pueden contar hasta trece obras, entre las conservadas y las desaparecidas, que se deben a su traza, y catorce restauradas (Cano 2004). Su manuscrito, *Architectura hydraulica en las fabricas de puentes, methodo de proyectarlos y repararlos* (Figura 1), es el primer tratado monográfico escrito en España dedicado a los puentes y, por ende, una de las referencias imprescindibles para la tratadística española de esta tipología constructiva. La obra es fruto tanto de su estudio como de su experiencia en la materia, un conocimiento que el autor decidió compendiar y organizar en un único y útil documento (León 2020). El manuscrito, que no llegó a imprimirse, tiene un valor inestimable y supone una obra pionera y excepcional en España sobre la construcción de los puentes de piedra.

El manuscrito se divide en cuatro partes o «tratados», empezando con consideraciones sobre la Estática, la importancia de las «manguardias» y de los pies derechos (muro vertical que soporta el nacimiento de una bóveda) de los puentes, para proceder luego con aspectos relativos al empuje de las tierras y a las distintas propiedades de los suelos. En la segunda parte expone conceptos más generales para entrar en el mundo de los arcos. Desde el elogio a las Matemáticas y la Mecánica, destaca la importancia de las proporciones de cara a diseñar elementos constructivos, para garantizar el justo equilibrio frente a los empujes. También presenta algunos ejemplos de rangos aceptables de relaciones entre canto de la bóveda o altura de la pila respeto a la luz libre del arco. El tercer «tratado» se dedica al estudio de los materiales: piedra, ladrillo, cal, arena, mortero, para terminar con la madera. Y finalmente dedica el cuarto a la «fábrica de los puentes», corazón de la obra. El contenido de esta última parte se caracteriza por un análisis que sigue un orden temporal y espacial del proceso de construcción de los puentes. Se habla de cómo elegir su emplazamiento, de la labor previa a la construcción de las cimentaciones y de la ejecución de las mismas. Sigue con la construcción de las pilas y de las bóvedas, que implica la introducción de las cimbras, elementos indispensables sobre los cuales el autor se detiene con detalle. El puente se termina cuando, tras la construcción de los tímpanos y la pavimentación, se completan los acabados, entre los cuales están los pretiles, los guardarruedas, la imposta, etc. El Padre Pontones dedica la parte final de su obra a dos aspectos de enorme importancia: la reparación de los puentes y de sus manguardias, por una parte y, por otra, a los métodos de contener y «apartar» los ríos. Lo primero ya figura explícitamente en el título (Fig. 1) y es revelador de la importancia que su autor concedía a los trabajos de mantenimiento, de algo tan obvio (aunque olvidado con frecuencia) como asegurar a lo largo del tiempo que se mantienen las prestaciones del puente. Lo


R.164

ARCHITECTVRA
HYDRAVLICA
En las fabricas de
PUENTES.
Methodo de Proyectarlos y Repararlos.
INSTRVCCION
Alos Maestros de quanto conviene saber para executar esta calidade de obras
Commenzò este Libro el Pe Pontones Año de 1759. y le concluyo el Año de 1768.

Figura 1
Portada del tratado de Pontones (1768) (fotografía de los autores)

segundo está relacionado con lo anterior, pues era bien conocido que la mayor amenaza a estas construcciones estaba, guerras aparte, en el ataque feroz de las aguas descontroladas.

El autor del tratado no oculta en su relato que bebe de otras fuentes, pero tiene el inestimable valor de transferir el conocimiento adquirido por vivencia propia, con espíritu crítico e independiente. En un contexto político preciso de promoción de las obras hidráulicas y las comunicaciones, considera apropiado proporcionar un libro que compendie parte del caudal depurado de los conocimientos que considera consolidados y validados por la vía empírica, lo que no es contradictorio con el empleo de los recursos analíticos que las matemáticas van poniendo a disposición de los técnicos. De hecho, Pontones insiste a lo largo del tratado en la necesidad de conciliar sinérgicamente teoría y práctica.

Nos centraremos en estas líneas en las cimentaciones, su construcción y mantenimiento, pues es uno de los aspectos en los que Pontones más se detiene. Advirtamos que aborda tales contenidos con una manifiesta voluntad pedagógica y, siguiendo una larga tradición en los tratados de arquitectura e ingeniería, inserta láminas detalladas para clarificar aún más sus explicaciones y soluciones propuestas.

## Pasos previos a la construcción de las cimentaciones

Comienza el «Tratado IV Fabrica de los puentes» con el «Capitulo I Maximas preliminares al proyecto de los Puentes». Tras pasar revista a la cota de la rasante, vinculada al aseguramiento de la capacidad de desagüe para «las mas altas crecientes que se huvieren experimentado en el Rio sobre el cual se quiere edificar», el autor trata del ancho de la plataforma y el reparto de luces, cuestiones que no se consideran en el presente artículo, si bien interaccionan con las cimentaciones.

Construir las cimentaciones es, obviamente, la primera fase del proceso constructivo de un puente de piedra. Sin embargo, hay una etapa previa fundamental de cara a garantizar la funcionalidad de la estructura a lo largo de su vida de servicio. Como es norma general entre los tratadistas, desde el anónimo autor renacentista de *Los Veintiún libros de los ingenios y de las máquinas* a Gautier (1716), o posteriores como Wiebeking (1805), Morandière (1874) o Gaztelu (1910), antes hay que preocuparse del emplazamiento. No en vano, el autor destaca lo que diferencia un puente de cualquier otra construcción: que requiere de trabajos en agua (de ahí el título de *Architectura hydraulica)* y no en seco. Esta fuerte limitación impone un esfuerzo inicial en la elección de la mejor ubicación posible del puente, aspecto crucial pues de esa elección dependen en gran medida el coste, el tiempo de la obra e incluso su viabilidad.

Ese estudio previo está orientado, pues, en primer lugar, a la búsqueda de un lugar en el que cimentar con garantías las pilas, los estribos y las manguardias. Este aspecto, abordado también por otros destacados tratadistas de puentes del «largo siglo XVIII» como Perronet o Wiebeking, hace referencia a la necesidad de contar con la batimetría de la zona y de hacer sondeos. En segundo lugar, el estudio previo persigue detectar las zonas en que las corrientes del río no sean tan fuertes ni el calado tan elevado que

compliquen la construcción y comprometan la estabilidad futura. Pontones, como la mayor parte de los autores, sugiere que el maestro observe bien el terreno y que no deje de dirigirse a los ancianos de la zona, pues son quienes pueden dar fe de hasta qué cota llegaron las avenidas de las que tengan noticia (Pontones 1768, 242). Naturalmente, otro criterio es el del propio trazado del camino, pero éste se supeditaba entonces al del mejor emplazamiento por los criterios expuestos. A partir de la construcción de los ferrocarriles y, en la segunda mitad del s. XX, de las carreteras y vías de alta capacidad, fue el trazado el que, principalmente, impuso la ubicación de las cimentaciones, pero para entonces ya se contaba con mayores conocimientos y mejores medios para reconocer los lechos de los ríos, las propiedades geotécnicas de los suelos y, además, se contaba con maquinaria más poderosa para trabajar bajo el agua o gestionar de mejor modo su presencia.

Decidido el emplazamiento, hay que ubicar las pilas para definir también la posición de las cimentaciones. Los métodos empleados para este tipo de operaciones podrían parecer, a día de hoy, algo arcaicos, pero servían para escoger los tramos a lo largo de la sección del río de menor velocidad. Aquí es donde se asentarán las pilas, de manera compatible con la geometría esperada: número de pilas par y de vanos impares, con el vano de mayor luz en la posición coincidente con lo más bravío de la corriente (Pontones 1768, 218-219).

Los trabajos empiezan entonces, según el autor, con el desbroce de la zona, la preparación de las orillas, eliminando la vegetación con palas o rastrillos de púas tirados por caballos o bueyes, y el desvío del río para dejar en seco el terreno en el que se ha de trabajar. En el caso de aguas no muy elevadas, se pueden realizar motas (o «tomas», como se solían llamar en aquel entonces), que son pequeños diques

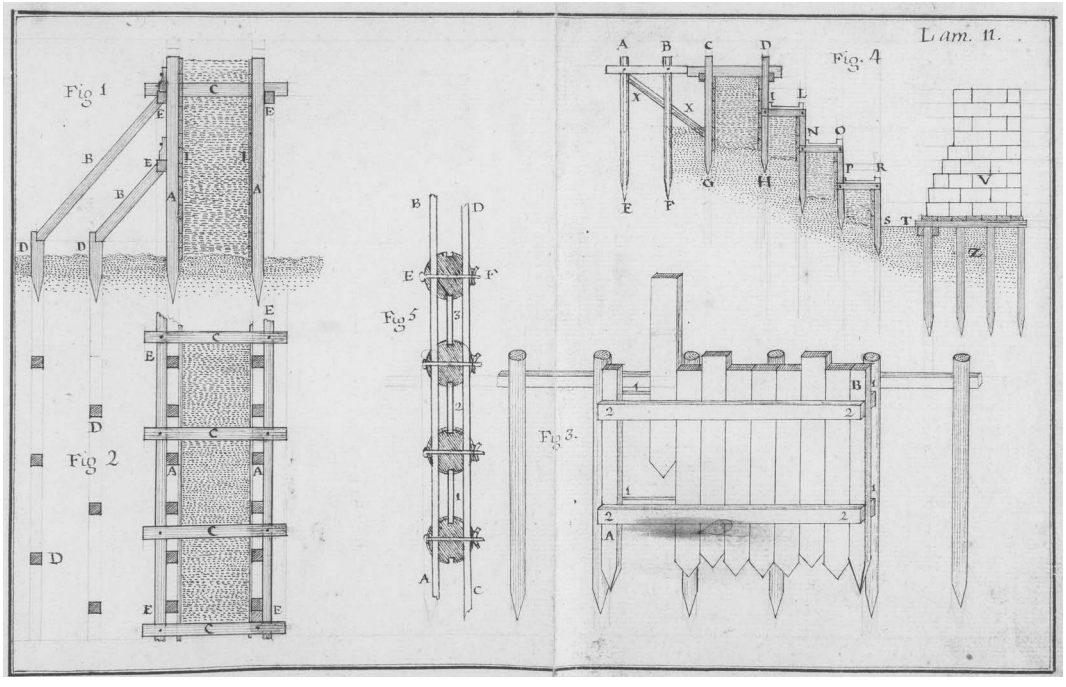



Figura 2
Lámina 11 del tratado de Pontones (1768). Configuración tipo de un recinto: doble pared de estacas que contienen arcilla (alzado en fig. 1, planta en fig. 2); vista lateral del recinto, con colocación de las estacas y tablones horizontales para su estabilidad (fig. 3); recinto escalonado en caso de aguas muy fuertes o para limitar la altura de las pantallas de tablestacas (fig. 4)

y represas necesarios para contener y apartar las aguas. Las motas suelen ser lo suficientemente grandes como para permitir la construcción de una o dos cimentaciones con sus respectivas pilas, para luego moverlas a otra zona del río y seguir avanzando hasta llegar a la otra orilla. El ancho del dique tiene que ser igual a 2/3 de la altura del agua, en el caso de aguas quietas, y dos veces su altura, en caso de corrientes fuertes (Pontones 1768, 255-256). En realidad, en este último caso, se solían realizar dobles recintos de tablestacas, rellenos con arcilla u otro material impermeable. Dado el carácter práctico del tratado, el autor incluyó ilustraciones mostrando la configuración de estos recintos (Fig. 2). El Padre Pontones hace gala de los más arriba anticipados conocimientos de hidráulica fluvial a propósito de la gestión de las corrientes, que pueden tener el efecto beneficioso de arrastrar finos y arenas hasta dejar limpia la zona de trabajos (Pontones 1768, 233-234). Eso supone también saber jugar con las pendientes para forzar la erosión y no el depósito, según convenga.

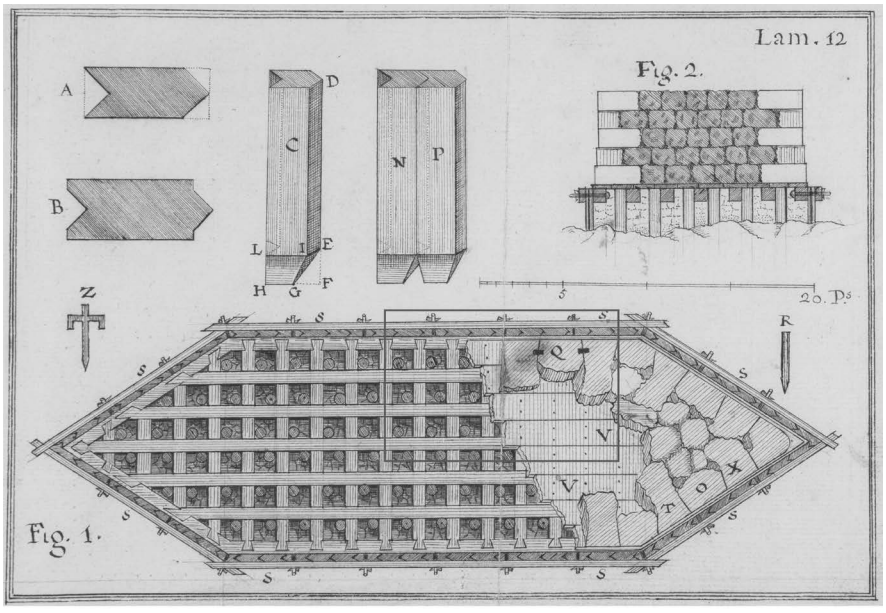
Las labores previas y la praxis de cómo acometerlas no tienen solución única, pues hay aspectos de tradición o de condicionantes particulares del lugar que pueden varias de sitios a otros. En ese sentido Pontones (1768, 244) expresa de manera pragmática su confianza en las personas expertas aunque no necesariamente formadas.

Construido el recinto, se extrae el agua de éste mediante el tornillo de Arquímedes, aunque el método que el Padre Pontones (1768, 263-264) consideraba más eficaz era el de un cierto número de obreros con recipientes que sacasen el agua sin parar. Entre el contorno interior de las motas (o recintos) y el contorno exterior de las cimentaciones propone una distancia mínima de 5 o 6 pies (un pie castellano equivale a 27,86 cm), para no dificultar las labores de construcción en estas zonas. Otra alternativa a las motas y los recintos es, en caso favorable, el desvío completo del río a otra zona cercana. Esta puede considerarse una alternativa óptima pues permite construir el puente de forma integral e ininterrumpida, aunque no siempre es posible. Resulta interesante observar que lo que ha sido contado en este apartado, como muchos otros contenidos desgranados en su obra y tal y como era habitual en la tratadística clásica, parte de otros trabajos, en concreto copia y traduce el capítulo VIII del *Traité des ponts* de Gautier (1716), preocupándose Pontones sólo de modificar el orden, que es más claro, en nuestra opinión, que el del autor francés.

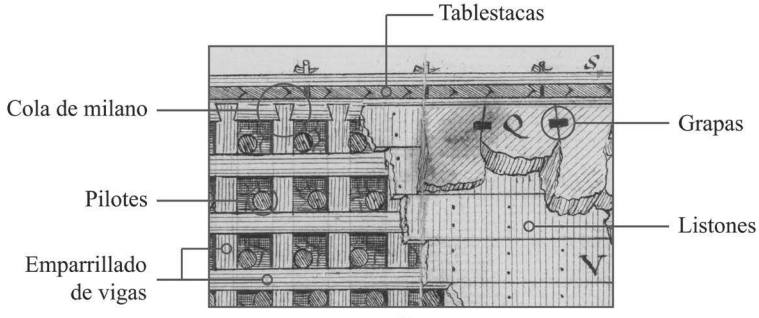
La Figura 2, que es copia reelaborada de Gautier (1716, fig. XXI), muestra que Pontones hace suya la ingeniosa idea (4 en fig. 2) de escalonar los recintos estancos, cuando la base de la pila ha de ser profunda, bajo la madre del río. Comienza la ejecución con la construcción del recinto CG-DH, que se refuerza con las estacas AE y BF y, para triangular, con las tornapuntas X. Luego, a medida que se va vaciando el interior del recinto, se construyen las tomas escalonadas descendentes siguientes. El sistema tiene evidentes ventajas como la mayor estabilidad de la construcción, el uso de tablestacas más cortas y económicas (que eran reutilizadas en otras cimentaciones del mismo puente), así como la mayor facilitar para evacuar el agua a paladas desde el fondo hacia arriba sobre la coronación de las «gradas» (Pontones 1768, 259-262) aun con el inconveniente de que, en planta, el perímetro del recinto resultaba mayor. En opinión de los autores de este artículo, sólo es posible identificar tales cualidades si se tiene experiencia de obra, como es el caso del Padre Pontones.

## Las cimentaciones

El capítulo V del tratado de Pontones destaca la importancia de las «plantas firmes para los puentes». Empieza diciendo que la mejor situación a la que se puede enfrentar un técnico es la presencia de roca o grava a una cota determinada. Eso, claro está, supone un ahorro tanto económico como de tiempo en la construcción de las cimentaciones. Recuerda que es muy importante asegurar que el terreno sea igualmente resistente en toda la planta del cimiento, pero no siempre es posible eludir la presencia de terrenos flojos (lodos o cienos). En estos casos, hay que plantear la construcción de una cimentación profunda, a base de pilotes de madera que alcancen en profundidad una capa de terreno firme, si lo hay; si no, la capacidad resistente y la no deformabilidad están confiadas al trabajo por fricción de los pilotes con el terreno. Como otros tratadistas que le precedieron, Pontones indica la manera en la que deben construirse estas estructuras, acompañándose de ilustraciones (Figura 3): en primer lugar, hay que delimitar el contorno de las cimentaciones con un zampeado de vigas ensambladas a media madera (o cola de milano, fig. 3). Esta




(a)




(b)

Figura 3
Lámina 12 del tratado de Pontones (1768). (a) La Fig.1 representa cómo se caracteriza una cimentación, con los respetivos detalles destacados por las letras A, B, C, N, P (tablestacas), Z y R (grapas). La Fig.2 es una sección transversal de cimentación y pila. (b) Detalle en el que se destacan la cola de milano, las cabezas de los pilotes, el emparrillado de vigas de madera y los sillares conectados con grapas

red de listones juega el importante papel de guía para definir la posición en la que hay que clavar los pilotes, más o menos largos según la necesidad, y caracterizados por una punta y una cabeza de hierro, llamada sufridera, para no destrozar la madera tras golpearla con la maza durante el proceso de hinca. Dato importante es el orden de posicionamiento de estos pilotes: hay que empezar por el centro y proceder hacia el perímetro, porque si se hiciese lo contrario, «las estacas clabadas aquí por la tarde, estarían otro dia fuera vomitadas del terreno por no poder extenderse su compresion a las partes exteriores de la planta» (Pontones 1768, 272-273) (Figura 3).

Hincadas las estacas, se cortan sus cabezas, para que resulten enrasadas a nivel del emparrillado, y se rellena el espacio entre ellas con mampostería y cal.

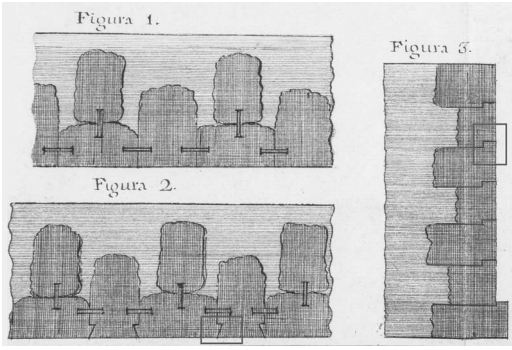



Figura 4
Detalle de la lámina 18 de Pontones (1768). La fig. 1 y fig.2 son vistas en planta de la primera hilada de una pila conectadas con grapas y, en la fig.2, también labradas para que encajen la una con la otra. En la fig.3 las piedras se caracterizan por un pequeño escalón para evitar el movimiento relativo entre los sillares

Sucesivamente, se refuerza esta estructura en todo su contorno con tablestacas de 8-10 cm de grosor y con no más de 30 cm de ancho (elementos A, B y C en fig. 3), que se encajan los unos con los otros a través de la forma que se confiere a la unión (elementos N y P en fig. 3). Estos tablones son más cortos que los pilotes porque no tienen que consolidar el suelo. Como puede observarse, los trabajos de carpintería son esenciales en la construcción de los puentes de piedra o ladrillo. Pontones recuerda que la madera se utiliza en muchos aspectos de la construcción, no siendo extraño, pues, que le dedique un epígrafe a este material (Pontones 1768, 207-217). Salvo en las cimentaciones profundas (y a aun así resultan invisibles), las piezas de madera forman parte de lo que el ingeniero de caminos Julio Sánchez Delgado ha denominado en diversos foros «ingeniería efímera», esa que no se ve cuando la obra está terminada pero que fue indispensable al afrontar el reto de construir.

El paso siguiente consiste en disponer listones horizontales que se clavan al emparrillado inferior, sobre los cuales se van poniendo los primeros sillares de la pila, empezando por el perímetro y disponiéndolos de manera alternada entre largos y cortos. Cuando es necesario parar los trabajos, en invierno o cuando las condiciones climáticas no son óptimas, los sillares se conectan con grapas para garantizar un buen contacto y evitar así que la corriente del río los arrastre (fig. 3). Como se destaca también en la Figura 4, se disponían grapas entre los sillares perimetrales de las pilas, especialmente las de las primeras hiladas. Alternativamente, se labraban las piezas de forma especial para poder garantizar un encaje entre piezas consecutivas para impedir su movimiento re-

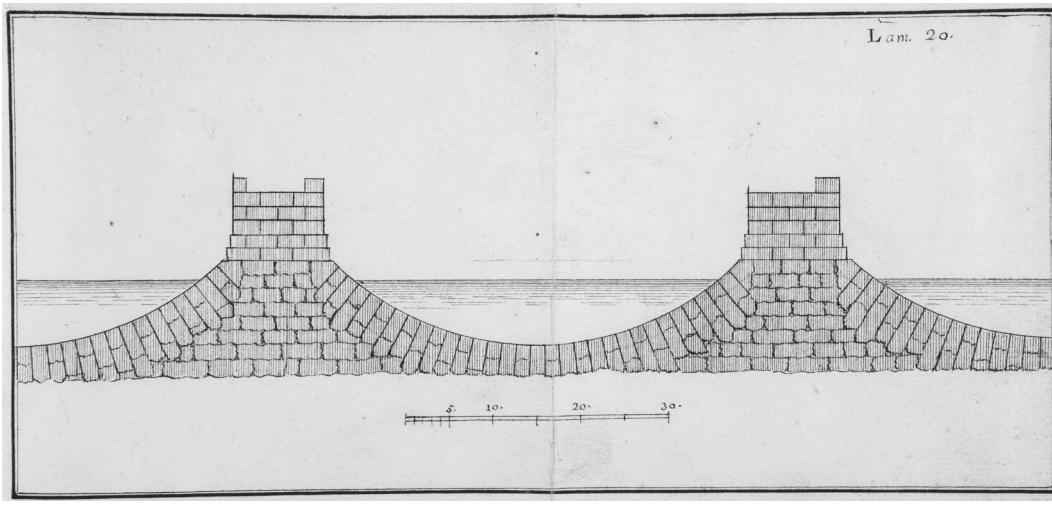



Figura 5
Lámina 20 de Pontones (1768). Ejemplo de contra-bóvedas

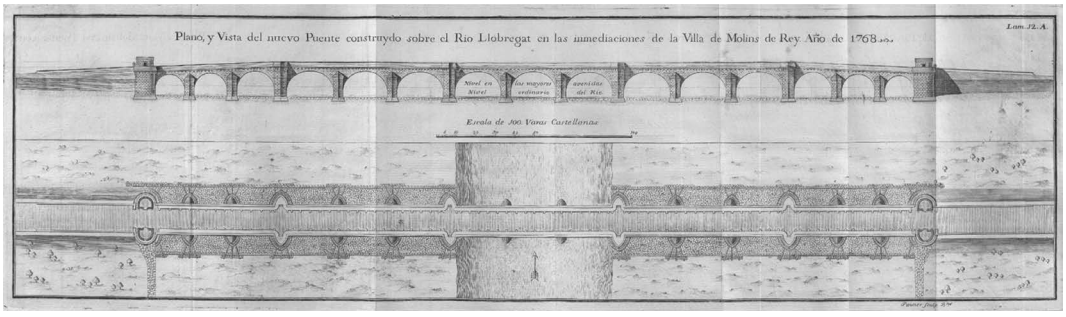



Figura 6
Puente de Molins de Rey (Muller y Sánchez 1769, fig. 12A)

lativo. La construcción de las cimentaciones concluye disponiendo mampostería y mortero de buena calidad entre los sillares del perímetro. La construcción de la pila se desarrolla repitiendo esta operación hasta alcanzar la altura deseada (fig. 3).

En uno de los últimos capítulos, el IX, al tratar «De las reparaciones de los Puentes», recuerda que existe un tipo de cimentación adicional constituido por contra-bóvedas o «arcos al revés» (fig. 5), «porque algunos no se contentaron con hacer firmisimos los cimientos de pilares y cepas, sino que en todo el ancho del rio y anchura del Puente executaron una planta general o suelo uniforme mas bajo que la madre del río, sobre cuia basa levantaron la fabrica del Puente» (Pontones 1768, 321). El principal inconveniente de estas estructuras es el coste que conllevan, tanto técnica como económicamente hablando. Piénsese que esta disposición sólo es viable en el momento de construir, no de reparar y, además, requiere de un complejo proceso constructivo inverso al de las bóvedas, comenzando por los «anti-tímpanos», los rellenos, las bóvedas (que deberían empezar por la clave) en un proceso que asegurase un reparto muy uniforme de las cargas. Todo un reto.

Más común, tanto al proyectar puentes nuevos como al reparar, era acudir a soleras, con o sin rastrillos, con o sin pilotes. Un ejemplo de empleo de soleras pilotadas es el del puente de Molins de Rey (fig. 6), mencionado por Sánchez Taramas (Muller y Sánchez 1769).

Sendos ejemplos de cimentaciones superficial en roca y profunda mediante pilotes, a los que los autores de este trabajo han tenido acceso, son el puente de Langa de Duero (Soria) y el puente de Deba (País Vasco) (León 2022), respectivamente. El primero es de particular interés aquí porque el mismo Padre Pontones fue llamado para su rehabilitación, reconstruyendo la primera de sus bóvedas y empleando un arco elíptico (Cano 2004, 658-660).

## Problemas que tienen y cómo repararlas

Las cimentaciones son el «talón de Aquiles» de los puentes. Son elementos invisibles porque están debajo del nivel del agua o de las tierras o escollera que los envuelven, pero son esenciales para asegurar la estabilidad y el funcionamiento del puente. Debido a su posición y a los agentes con que interactúan, en particular el agua, las cimentaciones son elementos particularmente proclives a sufrir deterioros. La mayor amenaza es la socavación, es decir, la pérdida de material del lecho del río por la acción erosiva del agua. En estas circunstancias, las cimentaciones directas sobre gravas erosionables se vuelven inestables frente a vuelco o hundimiento (o los dos fenómenos). En el caso de cimentaciones pilotadas, la socavación reduce la longitud de pilote trabajando por fricción, lo que puede llevar a asientos adicionales. El descenso puede ser uniforme o diferencial, implicando una rotación del elemento vertical del puente. Este es el caso del puente de Deba (León 2022), en el que el hundimiento diferencial de la pila central del puente provocó en 2018 el colapso parcial de las dos bóvedas adyacentes a la misma. En este evento, empero, la causa del descenso fue debida a la

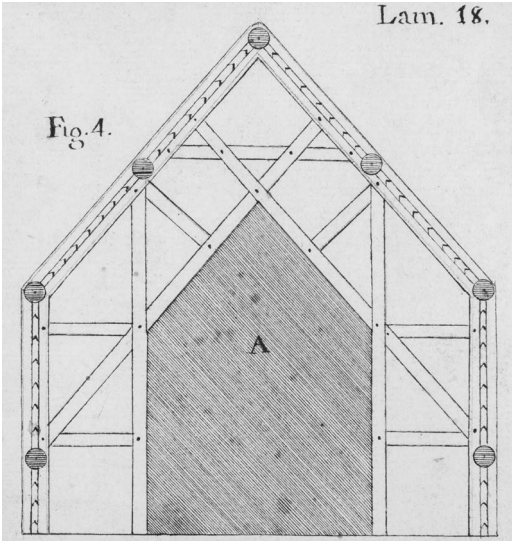



Figura 7
Lámina 18 de Pontones (1768). Refuerzo de la cimentación como posible solución a la socavación

presencia de xilófagos en las aguas del río Deba que produjo la reducción de sección de algunos pilotes por la ingesta de la madera por parte del *teredo* o *broma*.

Precisamente, el Padre Pontones dedica el Capítulo IX de su tratado a la reparación de los puentes, subrayando la importancia que tiene esta actividad y la frecuencia con la que hay que enfrentarse a actuaciones como la rehabilitación o manutención de un puente, siempre mejor que erigir uno nuevo, si es posible. Es un capítulo de una vigencia completa. Empieza así, sin desperdicio: «Si es util facilitar el comercio lebantando proyectos para executar nuebos Puentes, no lo es menos conservar los antiguos reparandolos de los perjuicios y daños a que siempre estan expuestos como al blanco de todas las injurias, ya sean estas las del tiempo o procedidas del curso de las aguas, o por su desgraciada fabrica en los principios como tambien de las mismas reparaciones en otro tiempo mal executadas» (Pontones 1768, 314-315).

A propósito de la mala ejecución, con prosa quejosa y afilada dice Pontones (1768, 264-266), con refe-

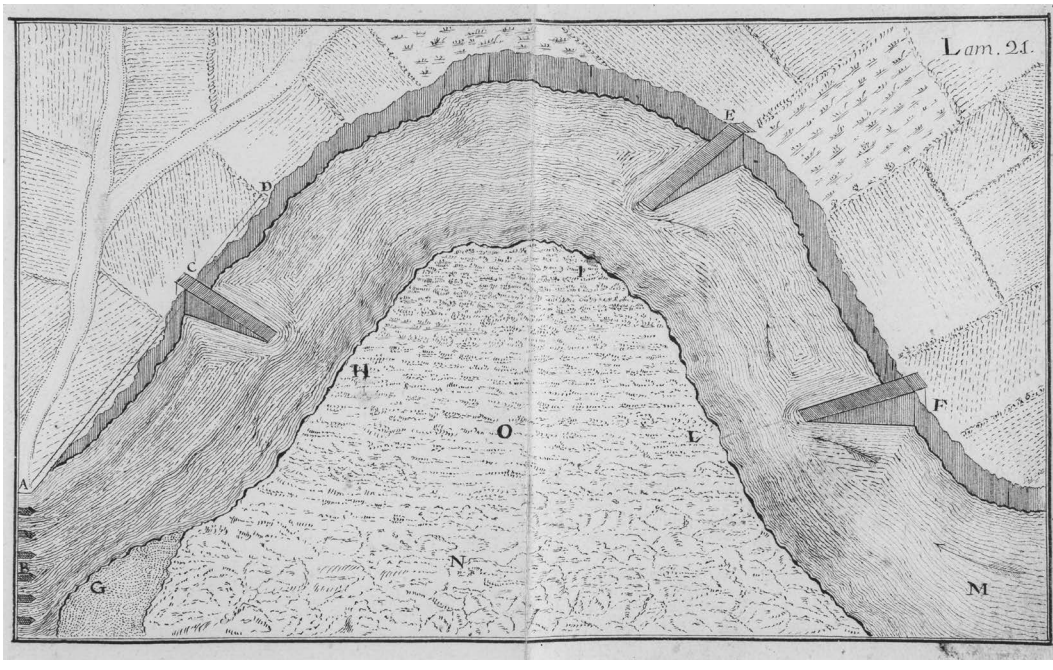



Figura 8
Lámina 21 de Pontones (1768). Introducción de espigas para controlar la acción erosiva del agua

rencia a la calidad de la construcción y de prácticas viciadas: «en quarenta años no he visto, en nuevos Puentes y reparos de otros hacer con formalidad ningunas tomas para trabajar seguramente en las plantas […] se emprehenden semejantes edificios trabajando unas obras chapuceras de palos delgados (en lugar de gruesas estacas) cespedes tablas y broza sin concierto, pareciendoles que otras labores mas formales son demasiado costosas para tan corto tiempo, y alucinados con este tacito discurso sucede pasarse la mejor estación, gastando quatro vezes en sacar agua dias y noches una y otra semana, rebentarse los trabajadores y por ultimo si la fundacion se hace es sentando las primeras piedras a tientas bajo las aguas y a la sombra de muchas dudas afianzadas en la opinion delos oficiales tal vez sobornados».

Como solución al problema de la socavación, el autor propone reforzar las pilas con un zócalo o rodapié, aunque presenta el inconveniente de estrechar el paso del agua. Una alternativa es clavar estacas alrededor de la pila y realizar una estructura de vigas y tablones, rellenando el espacio vacío con piedra de granulometría variada, de forma que la coronación, vigas incluidas, quede más baja que las menores aguas (7). Finalmente, propone la construcción de soleras con rastrillos, elementos mencionados anteriormente, como dispositivos de protección y refuerzo.

La acción erosiva de las aguas de los ríos, además de dañar las cimentaciones, provoca la erosión progresiva de los laterales del cauce que, con el tiempo (a veces relativamente breve), se traduce en un cambio del curso del río. Esto sucede en especial en zonas con muchos meandros, en correspondencia de los cuales el empuje del agua es más fuerte en la parte exterior de la curva. El Padre Pontones propone, en estos casos, controlar la velocidad de las aguas introduciendo en el canal unas espigas (elementos C, E y F en la fig. 8). Estos elementos, ya introducidos por Bélidor (1737), cuya referencia se encuentra en el manuscrito del Padre Pontones, «solo sirven a torcer y cortar el hilo delas corrientes divirtiendolas quebrantando o impidiendo los remansos adonde depositan todo el material que roban de cascajo y arena», o impidiendo la erosión en otras zonas. En el extremo izquierdo de la imagen, se puede notar la presencia del puente AB, muy próximo a un meandro que destruye el terreno de las heredades. GHIL es el aterramiento que ha surgido delante del puente. MNB era la trayectoria primitiva. Las espigas C, E y F sirven para corregir el problema. E y F, obtusas, sirven para desviar y romper el aterramiento. C, aguda, sirve para que se remanse y se deposite material. Las espigas, al principio, deben tener una longitud del orden del tercio o mitad del ancho del cauce, corrigiéndose después a medida que se observa el resultado de su presencia. Pueden así llegar a unirse las espigas C y F.

Todo ello revela que el título secundario del tratado del Padre Pontones, «método de repararlos y conservarlos», no era casual. No fue el primero en señalar la importancia del mantenimiento de los puentes. En la misma tratadística española, Fray Lorenzo de San Nicolás (otro religioso curiosamente), quien dedicó el capítulo LXV de su libro *Arte y uso de Architectura* a los puentes, también expresó la importancia de las cimentaciones y su adecuada conservación (San Nicolás 1639, 123). Pontones abordó otras cuestiones relacionadas con el mantenimiento (el drenaje de la plataforma, por ejemplo, que tanta relación tiene con la durabilidad de bóvedas, tímpanos, manguardias y pilas), un aspecto que en el marco de una España deseosa de impulsar las obras públicas y ajustar lo máximo posible los gastos de las mismas resultaba fundamental, siendo un saber que los maestros que se dedicasen a estas complejas y decisivas estructuras no debían ignorar.

## Agradecimientos

Esta comunicación se ha desarrollado en el seno del Proyecto de Investigación I+D del Ministerio de Ciencia de Innovación “Agua y Luces. Tratados españoles de arquitectura hidráulica en la Ilustración” (PID2020-115477GB-I00). Benedetta Orfeo agradece a la Fundación José Entrecanales Ibarra el apoyo financiero a esta investigación a través de una beca de investigación de doctorado.

## Lista de referencias

Belidor, B. F. 1737. *Architecture Hydraulique, ou l’art de conduire, d’elever et de menager les eaux pour les lifferens besoins de la vie*. Paris: Charles-Antoine Jombert.

Cano Sanz, Pablo. 2004. *Fray Antonio de San José Pontones: Arquitecto, Ingeniero y Tratadista en España, (1710-1774)*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

Gautier, Henri. 1716. *Traité Des Ponts, Ou Il Est Parlé de Ceux Des Romains & de Ceux Des Modernes ; de Leurs Manieres, Tant de Ceux de Maçonnerie, Que de Charpente ; & de Leur Disposition Dans Toute Sorte de Lieux. Des Projets Des Ponts, Des Matériaux Dont on Les Construit*. Paris: André Cailleau.

Gaztelu, Luis. 1910. *Resumen de las lecciones de puentes de fábrica y algunas de puentes metálicos. Apuntes redactados por los alumnos*. Madrid.

León, Francisco Javier. 2020. Construcción y reparación de puentes según cuatro tratadistas españoles de la Edad Moderna. En D. Crespo (ed.), *Sueño e Ingenio. Libros de ingeniería civil en España del Renacimiento a las Luces*, 167–191. Madrid: Biblioteca Nacional de España, Fundación Juanelo Turriano.

León, Francisco Javier. 2022. Divulgar la restauración del puente de Deba. En *El patrimonio de las obras públicas. Del puente romano de Alcántara al diálogo con la actualidad*, 309-350. Madrid: Pigmalión.

Morandière, M. R. 1874. *Traité de la construction des ponts et viaducs en pierre, en charpente et en métal pour routes, canaux et chemins de fer*. Paris: Dunod.

Muller, Juan y Miguel Sánchez Taramas. 1769. *Tratado de fortificación* ó *Arte de construir los edificios militares y civiles*. Barcelona: Thomas Piferrer.

Pontones, Antonio de. 1768. *Arquitectura Hydraulica en las fabricas de Puentes. Methodo de Proyectarlos y Repararlos. Instrucción a los Maestros de quanto conviene saber para executar esta obra calidad de obras. Commezò este libro el Pe. Pontones Año de 1759 y le concluyo el Año de 1768*. Biblioteca del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.

San Nicolás, Fray Lorenzo de. 1639-1665. *Arte y Uso de Architectura*. Madrid.

Wiebeking, Carl Friedrich. 1805. *Theoretisch-Practische Wasserbaukunst*. Darmstadt: Johann Franz Peter Stahl.

# El puerto de Tarragona y la reconstrucción del muelle de levante

Elena de Ortueta Hilberath

> La escollera romana no era como las nuestras una calzada, sino unos machones que se elevaban en el fondo del mar a distancias regulares, y desde el uno al otro iba un fuerte arco cuya continuidad constituía en la superficie del agua un muelle (Antonio Echanove en: Hernández de Sanahuja 1859, 12)

El desarrollo de la navegación conllevó la búsqueda de puertos naturales (bahías profundas, estuarios de marea, o desembocaduras de ríos), que ofreciesen aguas tranquilas y protegidas de los vientos con el fin de asegurar el amarre de las embarcaciones. El incremento del tráfico marítimo implicó la construcción de puertos artificiales en los cuales, a diferencia de los anteriores, fue pertinente levantar obras de abrigo. El sistema constructivo empleado para las infraestructuras portuarias junto con la nomenclatura de sus fábricas son aspectos interesantes para la historia de la construcción. En el caso que nos ocupa el término de escollera define buena parte de la historia moderna del puerto de Tarragona, aunque su acepción fue y es polisémica.

En los ensayos sobre el puerto histórico de la ciudad, la escollera romana es sinónimo del rompeolas compuesto por varios pilares de argamasa sobre los cuales se apoyan los arcos y se asienta el muelle —*opus pilarum*—. En la actualidad, el extremo del muelle de levante recibe el nombre de paseo de la Escollera tanto por su función de defensa contra el oleaje, como también por su método constructivo con piedras sueltas echadas al fondo del mar. La escollera como material constructivo fue objeto de estudio de los ingenieros del puerto, los cuales analizaron las formas de extracción, las proporciones de las rocas, el sistema de transporte, la colocación y su disposición en los muelles. Durante más de un siglo se sacaron de las entrañas de la ciudad grandes peñascos de piedra. Estas faenas las realizaron penados en régimen de esclavitud con el beneplácito de la administración. Al agotarse la cantera del puerto y gracias a las gestiones de Saturnino Bellido (4.6.1881-12.3.1889) se prohibieron los trabajos forzados.

## El informe de Miguel Sánchez Jaramas

En 1777, el teniente coronel Miguel Sánchez Jaramas[2] se trasladó a Tarragona con el fin de informar sobre la oportunidad de reconstruir el puerto de la ciudad. Pocos días antes de su llegada, el 18 de febrero, el mariscal de campo Pedro Luenza emitió una instrucción compuesta por diez artículos por la cual el militar debía analizar si resultaba pertinente priorizar la reconstrucción del puerto de Tarragona, en detrimento de la inversión en el puerto de Salou, planteada por las autoridades de Reus, y, también, en contra de la propuesta presentada por el barón de la

Figura 1
Paseo de la Escollera o Km 0, puerto de Tarragona (EOH)

Linde al Consejo Real a favor de habilitar la zona de la punta de La Mora. (Escoda 2022, 54)

En la playa de Tarragona, el militar debía medir los vientos, analizar la disposición del muelle, sondear la profundidad de las aguas, detectar las arenas perjudiciales procedentes de algún torrente o río… y, además, inspeccionar la costa desde Altafulla hasta Salou para localizar las canteras, la masa boscosa y el estado del terreno propuesto para los puertos de Salou y La Mora. Y, por último, debía verificar los precios del material de construcción puestos a pie de obra. Durante su estancia contó con el apoyo técnico del ingeniero Juan de Santa Cruz, el cual había llevado a cabo, pocos años antes, algunas obras de embellecimiento, reforma y mejora de la plaza, y del ingeniero director de la provincia Francisco Llovet. (Serra 2014)

Desde el 27 de febrero hasta el 3 de marzo Sánchez Jaramas recorrió la costa tarraconense. Dividió las cuatro leguas que median entre el cabo de la Galera hasta el de Salou en cinco etapas: desde la Galera hasta la torre de La Mora; desde La Mora hasta la playa Larga; desde los montes de Tarragona hasta la punta del Milagro; desde la playa del Milagro hasta la desembocadura del río Francolí; y, por último, desde el torrente del Riuclar hasta el cabo de Salou. En su visita contó con el apoyo gráfico del «mapa número 4º», el cual corresponde a la figura 2. El plano representa una visión esquemática del terreno y

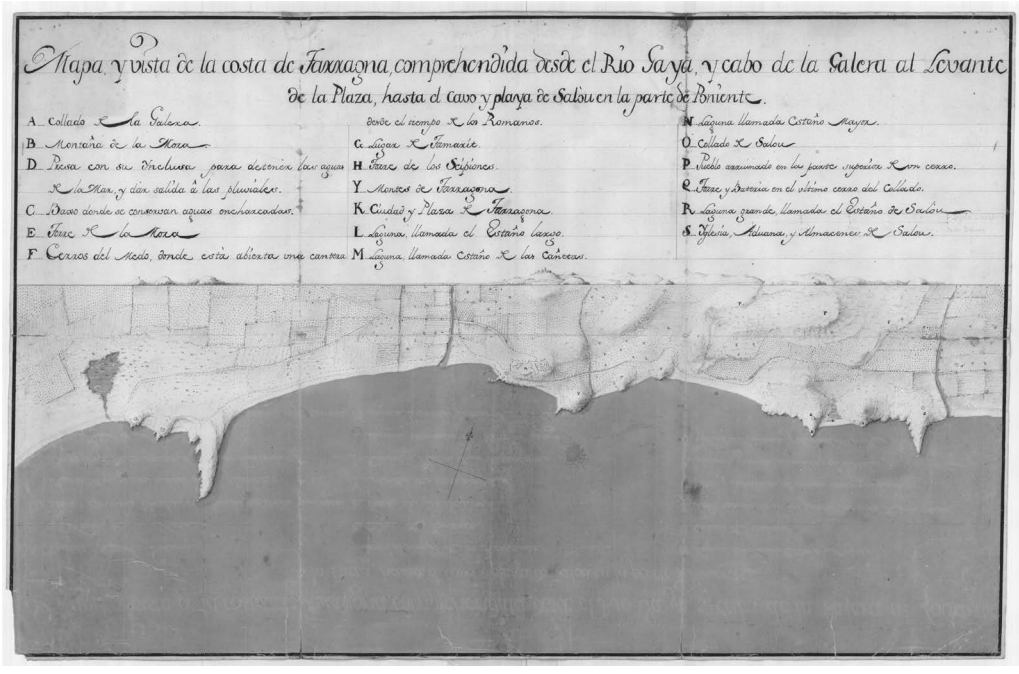



Figura 2
Mapa y vista de la costa de Tarragona, comprehendida desde el río Gayá y cabo de la Galera al levante de la plaza hasta el cabo y playa de Salou en la parte de poniente desde el tiempo de los romanos, s.f. (AGMM T-28/10)

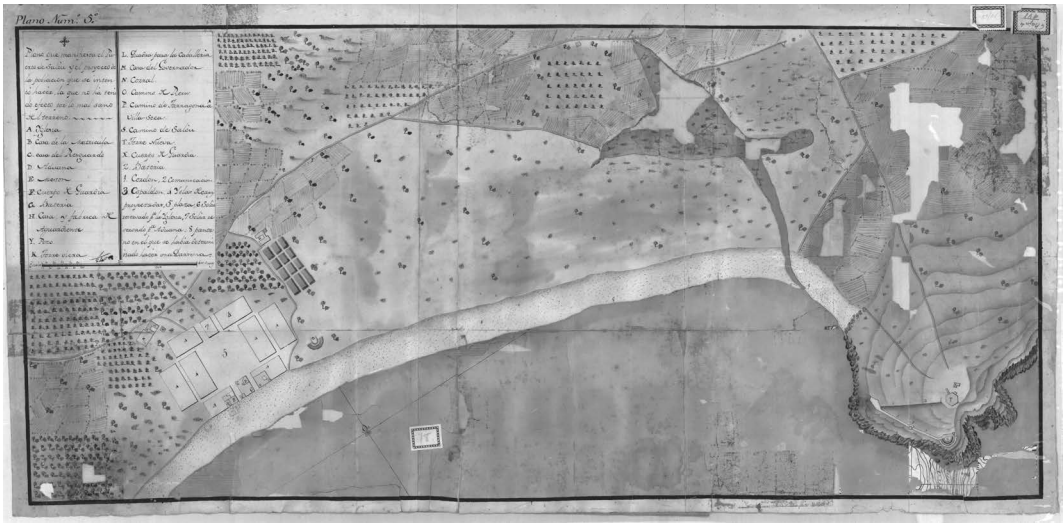


Figura 3
Plano que manifiesta el puerto de Salou y el proyecto de la población que se intentó hacer, la que no ha tenido efecto por lo mal sano del terreno s.f. (AGMM T-25/7)

un perfil a mano alzada, además contenía un índice alfabético. El original lo avaló el jurista y escribano de la cámara, Pedro Escolano de Arrieta y Peñuelas de Zamora.[3]

El militar comprobó que las poblaciones de Tamarit, La Mora (abandonada) y Salou eran malsanas y enfermizas, por ello descartó la construcción de un puerto en esas localidades. A pesar de la reciente aprobación de la nueva población de Salou. Los humedales auspiciaban un ambiente insalubre. El técnico confirmó la existencia de una zona encharcada en la playa de La Mora, tres grandes lagunas en la playa de La Pineda —estaño largo, estaño de las cañetas y estaño mayor— y, un último pantano, inmediato al cabo de Salou, en cuyas inmediaciones se había propuesto ubicar la dársena. Durante la inspección técnica consultó el «mapa número 5º», el cual corresponde a la figura 3. En este caso, a diferencia de la figura 2, en la zona superior izquierda está rotulado «Plano Num.º 5.º», pero al igual que la anterior no está firmado por el escribano de la cámara.

En relación con los ríos Gayá y Francolí, y con el torrente de Riuclar, después de observar sus cauces, Sánchez Jaramas, juzgó que ninguno de ellos resultaba perjudicial al fondeadero del puerto. A pesar de las grandes avenidas del Francolí, en las cuales el río arrastra arenas y gravillas, estas no quedan depositadas en el delta. Esto se debía, según el teniente coronel, a que las corrientes marinas las trasladan a la playa de Salou. Otro tanto ocurría con las tierras procedentes del río Gayá, las cuales se reparten por toda la costa y, según él, poco o nada podía llegar a Tarragona, al distar entre la desembocadura y el puerto más de dos leguas.

Asimismo, Sánchez Jaramas verificó las declinaciones del terreno para cerciorarse del tipo de rocas y de sus vertientes. Las catalogó en tres grupos: el collado de la Galera formado por la montaña de La Mora y el Medol; el monte del Milagro, cuya roca es la misma sobre la que se asienta Tarragona, y cuya falda se extiende hasta el puerto, y, por último, el monte del cabo de Salou formado de piedra y arena, el cual presenta la particularidad que parte de la peña avanza dentro del mar. Consideró que las rocas y las piedras de las montañas, lomas o collados que ciñen las playas eran seguras al ser improbable que cedan por las lluvias. En suma, toda la costa de la población y sus inmediaciones, según el ingeniero, «puede regularse como una gran cantera». Igualmente, constató la abundancia de rocas de diversa naturaleza que van desde la piedra berroqueña apta para la construcción, hasta los jaspes de inmejorable calidad y «de mayor recomendación» adecuados para el uso ornamental.[4] En palabras del militar,

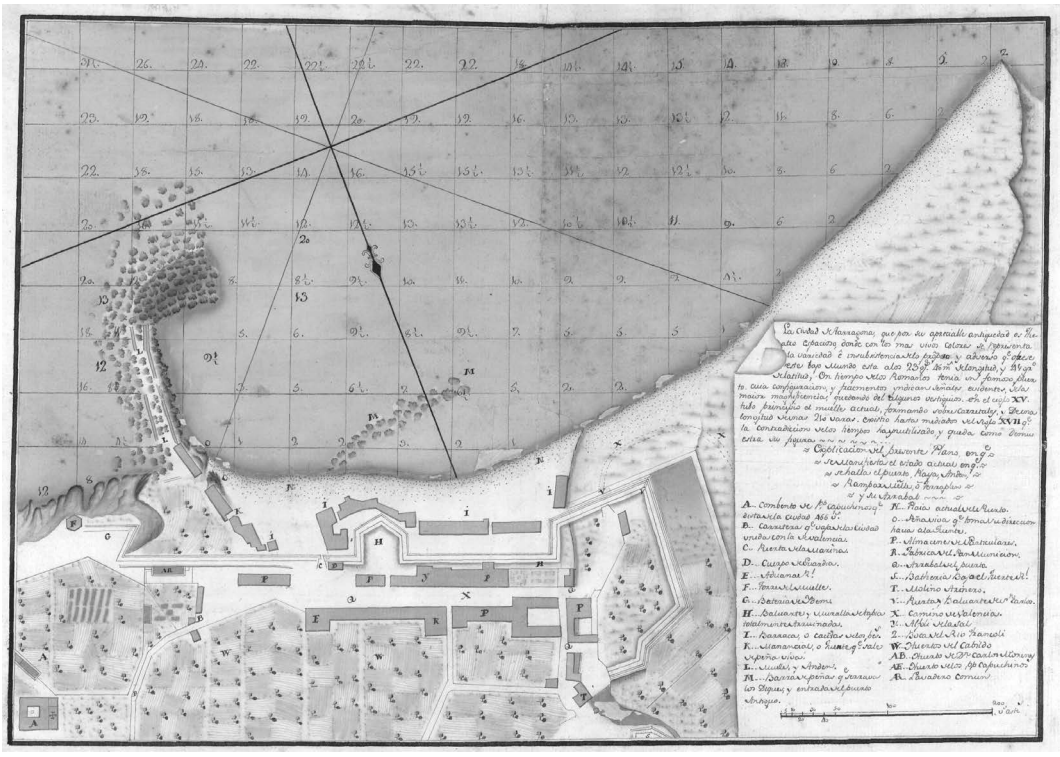


Figura 4
Plano en que se manifiesta el estado actual en que se halla el puerto y playa, andén, rampa, muelle y arrabal, s.f. (AGMM T-8/1)[6]

> … se ha de entender que desde el nacimiento del muelle actual que es una punta de peña, siguiendo la costa hacia levante, es todo roca viva y que sin pasar del baluarte llamado de Cervantes, situado a distancia del muelle unas mil varas[5] y elevado treinta y seis sobre el mar se encuentra fácil de sacar y embarcarse cuando sea necesaria para la obra del muelle con distinción de calidad para los fundamentos, mampostería, sillería y para hacer cal, todo con suficiente abundancia a la ejecución de mucho mayor empresa, y con la excelente recomendación de tener con sus varias especies la bondad que se requiere. (Sánchez 1995, 203-204)

La cantera del puerto, situada justo a la entrada del muelle de levante, junto con la disposición del terreno fueron aspectos que determinaron el informe favorable para invertir en Tarragona. Todo ello, según el militar «allanan mucho la ejecución de la empresa, no pudiéndose dudar que ésta se haría muy difícil y costosa si faltase alguna de aquellas circunstancias». Por otra parte, la orografía y las propiedades de la piedra permitían «arrancar peñascos de gran magnitud», escolleras, con facilidad mediante el uso de barrenos de dinamita. El ingeniero advirtió, asimismo, la posibilidad de reutilizar la mampostería y «carretales sueltos» de los restos del arrecife situado delante del baluarte y puerta del puerto (inmediaciones de la calle de Misericordia), además de la piedra suelta conservada en la orilla. Por otra parte, el hormigón se podría elaborar a partir de la arena gruesa y menuda procedente del riachuelo del Riuclar, próximo al río Francolí. Informó que los mahones, ladrillos y tejas utilizados en la ciudad son de buena calidad y «resisten bien a los aires salitrosos». Al mismo tiempo, especificó que los gastos de transporte eran mínimos al existir varios hornos ubicados cerca de la plaza. Por último, la madera era escasa a pesar de hallarse un pequeño bosque cerca de la torre de los Escipiones, pero recomendó traerla de los montes de Tortosa al

ser la que se distribuye para las obras de ribera a precios «cómodos» por toda Cataluña. (Sánchez 1995, 205; 209)

Días antes, del 21 al 24 de febrero, Sánchez Jaramas examinó el estado actual del puerto de Tarragona. Para ello, cotejó la información de los mapas 1º, 2º y 3º. El primero representaba el perímetro de la zona portuaria en carmín; tal y como observamos en la figura 4. En el plano se ve el estado ruinoso del muelle y del andén, las fortificaciones —desde la torre del muelle hasta el baluarte de San Carlos—, las principales edificaciones —aduana real, cuerpo de guardia, fábrica de pan, depósito de sal, mesón, casa de sanidad, y barracas de los marineros—, la acequia del molino, el lavadero y el manantial para las aguadas (junto a la actual plaza de los Carros). Esta «fuente antigua cavada en la peña» proveía de agua potable a las embarcaciones en el mismo muelle. Además del fondeo del puerto, el dibujo acuarelado nos permite distinguir las rocas sueltas del muelle y los restos de piedra y argamasa del antiguo arrecife. En relación con este último, en el informe de Sánchez Jaramas, se menciona que en el Farallón —farol— en el extremo del arrecife «que resta del muelle antiguo de los romanos» será costoso de arrancar al tratarse de una sólida construcción compuesta por tres «fortísimas moles» de hormigón y mampostería ejecutadas con cajones de madera. Esta técnica constructiva, tal y como determina Patricia Terrado, se ajusta al sistema romano del *opus pilarum*. La solidez y la resistencia de los pilares motivó que Sánchez Jaramas recomendase su conservación a modo de islote para amarrar y resguardar las embarcaciones de los temporales del sudoeste. No obstante, esta propuesta quedó en papel mojado, pero, en cambio, en 1796, el ingeniero Fernando Seidel situó una zona de amarres en el martillo del muelle de levante. Esta superficie sobresalía del muelle y fue la analizada por Hernández de Sanahuja para describir el sistema constructivo del *opus pilarum*. No obstante, en 1843, el ingeniero Ciraco Muller ordenó volar el vestigio romano al considerarlo perjudicial para el tránsito de las embarcaciones. (Sánchez 1995, 198, 209-210; Terrado 2019, 315; Hernández de Sanahuja 1859, 12-13)

El segundo mapa contenía la propuesta municipal de prolongación del dique de levante con un pequeño contramuelle al oeste a la altura de la desembocadura del río.[7] Sánchez Jaramas lamentó que el plano careciese de perfiles y explicaciones relativas a las características de las obras. Por ello, el militar intentó resolver esa carencia al presuponer las dimensiones y el sistema constructivo del muelle. Omitió presupuestar el pequeño contramuelle o espigón recto, diseñado para evitar el depósito de arenas procedentes de las avenidas del Francolí, al considerarlo una obra superflua. Intentó ajustar el presupuesto y sugirió unas medidas de ahorro. A partir del ejemplo de Barcelona planteó que el coste de la construcción de la nueva muralla del puerto no fuese a cargo de los «reparos de la plaza» sino que su financiación la sufragaran los comerciantes al aprovechar la muralla para ubicar sus negocios. La única restricción de uso sería en el momento que el rey reclamase esa propiedad. Esta idea quedó delineada en el plano de Juan de Santa Cruz fechado en octubre de 1780 (figura 5). Además, a diferencia de la ciudad Condal, Sánchez

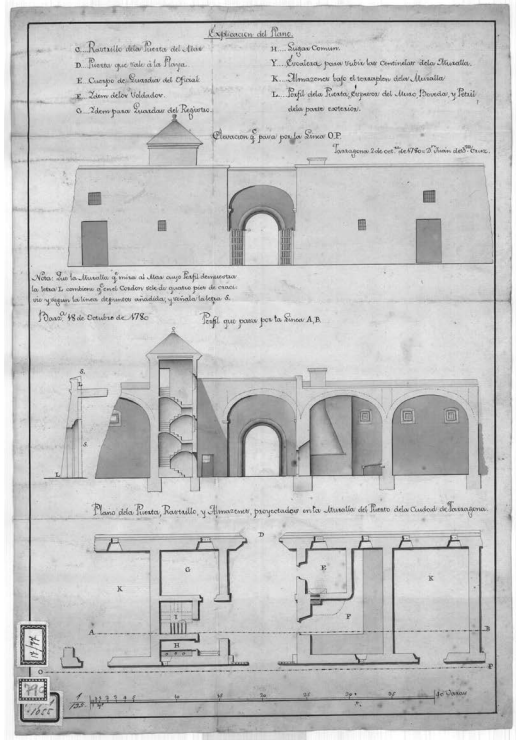



Figura 5
Plano de la puerta, rastrillo y almacenes, proyectados en la muralla del puerto de la ciudad de Tarragona, Juan de Santa Cruz, 2.10.1780 (AGMM T-8/15)

Jaramas fue más lejos ya que incluso defendió que los andenes bajos y altos del muelle de levante tuviesen también un destino comercial.

En relación con el tercero de los mapas, este mostraba según indica el militar «los parajes en donde se halla la piedra conveniente para la reedificación del puerto como también la argila y la greda son señalados con otras particulares de los contornos de la plaza». Además, este plano contaba con una representación de la zona portuaria, las ruinas del edificio del muelle de levante con su alzado y perfil, y, por último, un detalle del arrecife rotulado con el número 32. Lamentablemente, no hemos podido localizar los mapas 2º y 3º manejados por Sánchez Jaramas durante su inspección técnica en Tarragona. (Sánchez 1995, 208, 204)

El resultado de la visita fue el informe fechado el 12 mayo de 1777. Se trató de un cuestionario y no de un proyecto en sí, como ya hemos aclarado antes. No obstante, incluyó un presupuesto para demostrar lo conveniente de la reconstrucción del muelle. Al carecer de información precisa tuvo que conjeturar sobre el mejor modelo para su fábrica. Así, a partir de los datos recogidos durante su visita a la ciudad y a su costa dedujo el sistema constructivo más ventajoso para la hacienda estatal, pero, a su vez, con el máximo aprovechamiento de los materiales locales. El cálculo de obras lo redujo a tres tipos: excavación, zarpas y andenes.

Estableció que por el tipo de embarcaciones (militar) el fondeadero de todo el puerto no debía ser menor a 20 pies.[8] Aunque aclaró que este disminuiría en la zona cercana al río. El terreno ganado al mar se destinaría a la playa de los pescadores. Para la ejecución de las obras de limpia y zarpa del muelle era necesario extraer unos 11 pies de media en una extensión de 20 000 varas; es decir un total de 733 333 varas cúbicas. Además, consideró oportuno construir los cimientos con piedra suelta o escollera a 26 pies de profundidad. Respecto a las proporciones del muelle dispuso:

> Las dimensiones de su perfil medio deben ser 24 varas de latitud a flor de agua y 48 en el fondo, inclusos los declives interior y exterior, este de 16 varas y aquel de 8 con la referida altura de 26 pies y ha de crecerse a plomo hasta 6 pies sobre el nivel del mar para construir los andenes y las escaleras. (Sánchez 1995, 205)

El uso de la escollera como material constructivo presentaba grandes ventajas en Tarragona, pero el promotor debía salvar algunas dificultades técnicas. El transporte de la roca al muelle, a pesar de la cercanía y las características de la cantera, debía ejecutarse con diligencia para evitar daños y roturas en la roca. El ingeniero no profundiza sobre el tema, pero menciona su traslado con embarcaciones. Por otra parte, según el militar, a mayor magnitud y peso la escollera ofrecía resultados superiores. No obstante, esto dificultaba el traslado y colocación de la piedra. Sánchez Jaramas mencionó en su informe que la fuerza de las olas y de las corrientes conmoverán las rocas y logarán una disposición más compacta. No obstante, no era algo inmediato y se requería casi un lustro para lograrlo. Asimismo, añadió la indicación de disponer de una carga más de escollera una vez asegurada la primera. Al mismo tiempo, para evitar la entrada de sedimentos en la dársena, sugirió colocar en la cara exterior del muelle algún pilotaje y piedra suelta con el fin de detener la fuerza del agua y de los lodos. Al contener las arenas se produciría un recrecimiento de la costa.[9] E incluso, para incrementar su durabilidad, aconsejó con el fin de asegurar la zarpa «emplear en su construcción algunos buques inservibles que llenos de mampostería y echados a pique en los parajes más arriesgados». El punto más endeble era a la entrada del muelle, junto a la proyectada batería del puerto (en la cara exterior del muelle de levante). Este tipo de cimentación resistiría mejor que las piedras sueltas al embate de las olas. (Sánchez 1995, 210-211)

No obstante, el sistema constructivo de los cimientos —zarpa— y del muelle —escollera— presentaba ciertos interrogantes. No era posible predecir a ciencia cierta los efectos de las mareas, del oleaje y de las corrientes en la construcción. En consecuencia, tanto el tiempo como el precio propuesto eran estimados. La propia fábrica del muelle marcaría los tiempos y los materiales necesarios. A pesar de ello, tal y como argumentó Sánchez Jaramas, «aún ocasione mayor gasto del que se dejó explicado en el artículo 9 como su valor no debe regularse por lo que cueste sino por la utilidad que produzca siendo esto indubitable». Es decir, era improbable y casi imposible adecuarse al plazo de cinco años marcado por el Ayuntamiento.

Una vez asegurada la estabilidad del muelle se podría acometer la construcción del último tipo de obra computada: los andenes. Presupuestó uno bajo de 8

varas, y otro superior abovedado. En el andén alto estarían los locales comerciales de planta rectangular —8 varas de largo y 6 de ancho—. Los muros exteriores serían de mampostería ordinaria con un grosor de dos varas en la parte inferior y de la mitad en la superior. Mientras que las paredes de división y las bóvedas tendrían dos pies de ancho, ejecutadas con «rosca de ladrillos o mahones».

Sánchez Jaramas concluyó en su informe de 1777 que la reconstrucción del muelle de Tarragona era viable dada la facilidad del dragado de la ensenada y los materiales de construcción disponibles a pie de obra. Con relación a la naturaleza de las corrientes, a la navegabilidad de sus aguas y a los vientos reinantes aseveró:

> También la favorece considerablemente la ensenada o bahía de Tarragona no solo para vaciar y limpiar el puerto [...] pueden acercarse los navíos de guerra y dar fondo con seguridad a 600 varas del muelle viejo; se haya abrigada por la costa y el cabo de Salou de los vientos noroeste, norte, noroeste, y oeste y aún afirman la gente del mar que entre la playa del Milagro y el puerto de Tarragona hay paraje en donde las embarcaciones no padecen con los más recios temporales. (Sánchez 1995, 209)

Por último, hay que subrayar que Sánchez Jaramas reportó sobre el sistema defensivo y la guarnición de la plaza, que, según él, «la hacen respetable y aseguran los intereses del Rey del comercio y de los particulares que frecuenten su puerto». En suma, el informe positivo de Sánchez Jaramas marcó un hito para la reconstrucción del puerto de Tarragona, aunque quedaba por resolver una cuestión especialmente espinosa: la recaudación de arbitrios y la financiación de la obra. Unos años más tarde, Carlos IV sancionó la real disposición del 19 de enero de 1790 por la cual quedó aprobada la rehabilitación del puerto según el diseño de Juan Ruiz de Apodaca. (Tarragona 1777)

## El emblema del puerto: la escollera

La información sobre los primeros años referentes a la historia de la reconstrucción del puerto moderno está incompleta y dispersa. Esta circunstancia no nos ha permitido reconstruir de manera exacta la evolución de los primeros años y, por ello, hemos recurrido a fuentes secundarias como son las crónicas reales cuyo contenido ensalzaba a la monarquía, a su función protectora en pro del desarrollo del país y al cariño que le profesa el pueblo. No obstante, los festejos del 29 de junio de 1790, la memoria del viaje real del 11 al 14 de noviembre de 1802, las demostraciones de júbilo al colocar la primera piedra del segundo ángulo del muelle en 1803, y la crónica de la visita Tarragona de los reyes de las Dos Sicilias el 22 de noviembre de 1829, nos permiten solventar esta carencia y así poder presentar algunos detalles sobre el muelle de levante y su sistema constructivo.[10]

El 25 de junio de 1790 se iniciaron las obras del puerto, pero la inauguración tuvo lugar, cinco días después, coincidiendo con la festividad de San Pedro. Los actos solemnes quedaron recogidos en una poesía dividida en 13 octavas, en la cual se aclamó al monarca Carlos IV, al ministro de Marina Antonio Valdés y a los ingenieros del puerto Juan Ruiz de Apodaca y Antonio Bada. A los técnicos se les equiparó como nuevos Euclides que «tiran sus visuales; / cierran el Este y Sur como con llave / cortan los vientos que son más fatales». Así, valoró el diseño del muelle que logra transformar las aguas abiertas y bravas, sometidas a los vientos y a las tempestades, en una zona segura y tranquila para el amarre de las embarcaciones. Aunque también mencionó las herramientas y materiales que se usaba para la nueva infraestructura, el poeta señala «la obra empieza del puerto apetecido, / solo se ven estacas, picos, gente, canteras, barcos, todo prevenido». La explotación de la cantera, el uso de picos y estacas junto con los grupos de operarios conformaban la imagen de pro-

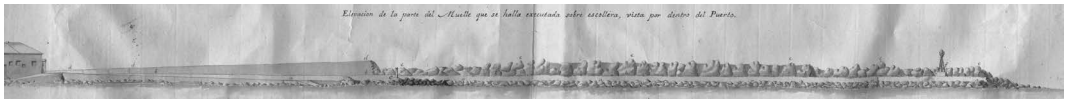



Figura 6
Plano, elevación y perfiles de la obra ejecutada en la reedificación y prolongación del muelle del puerto de la plaza de Tarragona: con expresión y distinción del proyecto formado en 23 de marzo de 1791 y el aumento convenido por Real Orden de 15 de septiembre de 1795, Fernando Seidel, 31.12.1796. Detalle (MN E-30-13)

greso, pero las herramientas citadas eran un tanto primitivas para una obra de tanta envergadura. (Morera 1910, 84)

Mucho más rica es la información contenida en la crónica de la estancia de los reyes de 1802, en la cual se describe el embellecimiento de la plaza. En esos días de noviembre, la ciudad se transformó en un escenario decorado con arquitecturas efímeras —faro, arcos de triunfo, obeliscos, columnas, embarcadero…—, paneles con vistas panorámicas… además de la iluminación artificial de la catedral, entre otras cosas. Asimismo, el escritor narra el acto de botar las peñas al mar, en el cual se lanzaron cuatro escolleras: dos de 820 arrobas, una que no bajaba de 2 200 (5 050 quintales) y, una última de las que llaman «burro». La segunda se arrojó el día 13, y a diferencia de las anteriores estaba ricamente engalanada con guirnaldas y una escultura colosal de Neptuno con su tridente sobre un carro triunfal tirado por delfines. Fue un acto solemne y, ese día, el rey examinó los diseños de Juan Smith y dirigió las maniobras necesarias para arrastrar la roca, según se leemos en el relato.

El momento lo plasmaron Antonio Rodríguez y Françoise Legier. Los ilustradores dibujaron la arquitectura efímera, las salvas desde los fortines, pero sobre todo destacan los operarios dispuestos en parejas tirando de una cuerda la escollera, ricamente decorada, colocada sobre una narria —cajón de madera— y, a través del uso de polispastos —sistema de poleas, una fija y otra móvil— asegurada en hitos, de quita y pon, y dispuestos en hoyos con el fin de dirigir la carga a su destino final. En la escena aparecen una veintena de hombres, pero lo normal es que fuesen unos 60 o 80 prisioneros, y de forma extraordinaria podían llegar a 160, según detallan los ingenieros del puerto en sus memorias. El rendimiento era irrisorio dada la dureza del trabajo y el tamaño de las rocas.

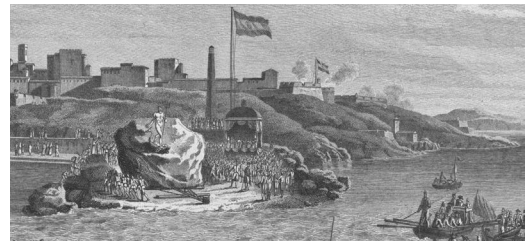


Figura 8
Peña botada del puerto de Tarragona al mar, François Legier (dib.), Françoise Jacques Dequevauviller (grab.), en Alexandre Laborde, *Voyage pittoresque et historique de l'Espagne,* I-I, lám. XLVIII, París, Pierre Didot, 1806. Detalle (BBE FEV-SV-GF-00041)

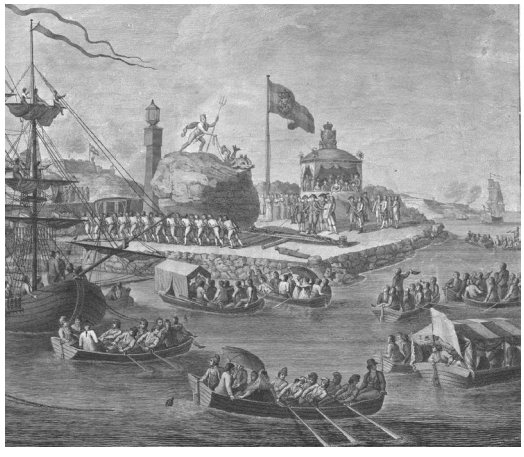


Figura 7
Vista del puerto de la ciudad de Tarragona y estado en que se hallaba su construcción en la tarde del 12 noviembre de 1802, Antonio Rodríguez (dib.), Antonio Vázquez (grab.), 1805. Detalle (BN INVENT/18576)

El día antes la familia real presenció el disparo de sesenta barrenos de bonete. El estruendo duró media hora y la cantera parecía vomitar fuego. De tal forma que la pólvora impulsó y arrojó «al aire pedazos de sus inflamadas entrañas, envueltas en turbiones de humo». La extracción era peligrosa al no poder evitar el salto de rocas descontroladas. Al mismo tiempo, el consumo de pólvora era elevado y carecía de eficiencia. En definitiva, este método impedía predecir el tamaño de la roca y evitar su fractura. (Sánchez 1995, 57-58; 61; 84)

El segundo lustro del siglo XIX fue especialmente complicados debido a la ocupación de la plaza y al sitio de la ciudad por las tropas francesas (5.5-29.6.1811). Tras la guerra de la Independencia, Tarragona quedó arrasada y el muelle de levante arruinado. Fernando VII y la reina María Cristina de Borbón visitaron las obras del puerto en noviembre de 1829. Durante su estancia se hermoseó la calle Apodaca, los edificios cercanos al muelle, y se levantaron dos pabellones uno cerca de la cantera y

otro en el muelle. A escasa distancia del primero se colocó una escollera de 6 400 arrobas, en el muelle otra de 14 000 arrobas, «dispuesta sobre sus aparejos para demostrar la facilidad y prontitud de su conducción», y otra de 3 000 arrobas a la vista del segundo pabellón. Los reyes presenciaron la caída de dos «pedruzcos» uno de 4 000 arrobas, en el andén del centro y otro de 6 000 arrobas en el andén superior. Además, contemplaron el disparo de una buena porción de barrenos y observaron el traslado de una escollera, que según cuenta el cronista «los trabajadores de la obra tiraron con celeridad». Estas palabras coinciden con la opinión del ingeniero del puerto, Vicente Teixeiro (9.1814-12.1836), el cual argumentó que los presos lo hacían gustosos al redimirles en su condena. (Sánchez 1995, 101; Escoda 2002, 62-73)

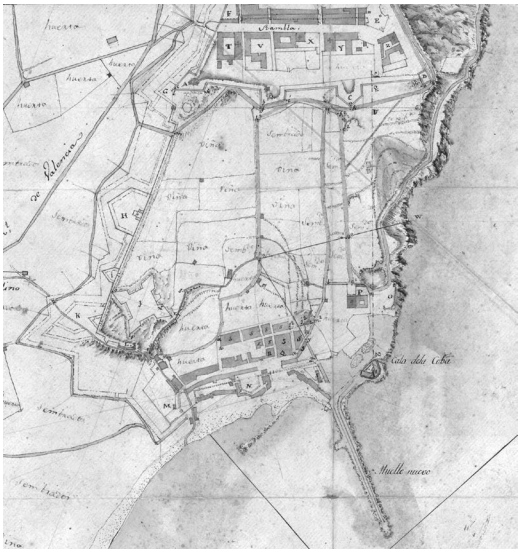



Figura 9
Plano de la porción de terreno que media entre el Recinto alto de la Plaza de Tarragona y su Puerto, en donde se señalan los límites en que se podrá extraer la Piedra para la formación del nuevo Muelle que se está haciendo, s.f. 20.9.1800 (AGMM T-28/12)

## La cantera del puerto

A inicios del siglo XIX, el ingeniero del puerto calculó el filón de la mina desde la batería del Puerto hasta el fuerte de Cervantes. Esto habilitaba a la junta de obras el poder desmontar el promontorio sobre el que se asienta la ciudad desde la plaza de los Carros hasta la Rambla Vella. Finalmente, gracias a la ratificación de la real orden del 7 de mayo de 1856 se fijó el límite en la calle de Pons d'Icart, y, a cambio, en esos terrenos se construyó el ensanche. No obstante, durante décadas, la explotación de la cantera fue foco de conflicto entre la autoridad portuaria y la municipal. No solo por su perímetro, sino también por la inseguridad que causaba a los residentes de la zona que temían por sus vidas, pero, también, por los daños en sus inmuebles. Tampoco fue obstáculo la cantidad de materiales arqueológicos que salieron a la luz, los cuales, en la visita real de 1829, Fernando VII se detuvo con el fin de reconocer «las varias rarezas de piedras que sacadas de la Cantera de la obra están colocadas al natural en un jardincito». No obstante, la calidad y abundancia de roca junto con su emplazamiento dificultaba que la junta de obras renunciase al uso de la roca en beneficio de la piedra artificial. (Sánchez 1995, 102)

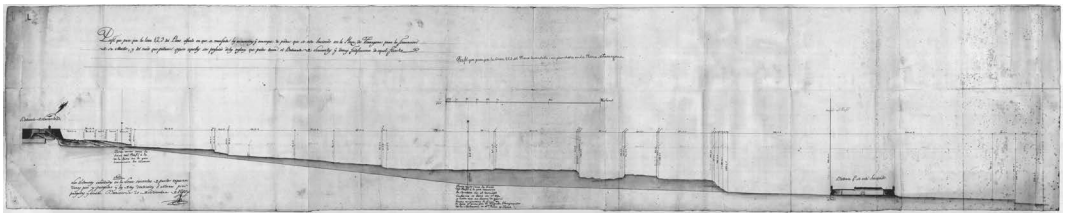


Figura 10
Perfil que pasa por la línea 1, 2, 3 del plano adjunto en que se manifiesta las excavaciones y arranque de piedra que se está haciendo en la Plaza de Tarragona para la formación de su Muelle, y del modo que podrán seguir aquellas sin perjuicio de las mejoras que puede tener el Baluarte de Cervantes y demás fortificaciones de aquel frente, s.f. 20.9.1800 (AGMM T-24/22)

En este sentido, en 1856 Agustín Elcoro Berecibar (8.1855-12.1856) menciona lo beneficioso del uso de la escollera, a pesar de su tamaño irregular y a las dificultades que presentaba para las fábricas. No obstante, buscó un mayor rendimiento del material constructivo al controlar las explosiones de dinamita, disminuir el tamaño de las escolleras frente a las presupuestadas por Vicente Teixeiro y modificar el diseño del talud del muelle con una disminución de la pendiente exterior, pero con un incremento de la superficie trasversal. Por último, organizó en cuatro magnitudes la roca para facilitar su correcta disposición en el malecón y posibilitar su transporte mediante el uso de un *tramway*.

## A modo de conclusión

Al agotarse la cantera del puerto, a finales del siglo XIX, Saturnino Bellido (4.6.1881-12.3.1889) constató que la única posibilidad de continuar con las obras del puerto era incrementar el uso del hormigón armado. El ingeniero se enfrentó a otra problemática: los socavones en el muelle de levante causados por los temporales de octubre de 1882, y los de enero y diciembre de 1883. Los años demostraron que la relación entre la magnitud de la escollera y la estabilidad de las fábricas era desacertada, además no era previsible el asentamiento de las rocas por el embate de las olas. Durante la reconstrucción del muelle fueron necesarias varias actuaciones encaminadas a la reparación de los cimientos y al paramento del muro. En este orden de cosas, en 1884, Bellido decidió reforzar el talud, pero, a su vez, paralizó todas las inversiones encaminadas a la ampliación del puerto al no considerarlas necesarias hasta que no se terminase la conservación del muelle de levante. A los pocos años, por la real orden del 23 de junio de 1886, se procedió a revisar las obras del dique del oeste. (Ortueta 2017, 1188-1189)

No obstante, la roca y las arcillas eran un material necesario. Por ello a pesar de la innovación en los procedimientos de fabricación de piedra artificial se procedió a buscar otros puntos de extracción. En 1903, Manuel Maese Peña (10.9.1902-18.2.1909) constató que las canteras empleadas hasta la fecha eran inservibles, pero era ineludible el empleo de esa materia prima. Así, presentó una propuesta de explotación de otras canteras: Salou, Santa Tecla, Casa Blanca y Fuerte de la Reina.

En suma, la escollera fue el material empleado en la construcción de los muelles durante el siglo XIX. No obstante, las duras condiciones de extracción de la piedra, el traslado y la colocación fueron realizadas por penados en régimen de esclavitud. En 1884, gracias a las gestiones de Bellido, se suprimió esta práctica. Durante décadas, los presos malvivieron en el penal del Milagro, el cual aprovechó los viejos muros de la antigua basílica, situada en la arena del anfiteatro. Valga decir que sus instalaciones no ofrecían las condiciones de salubridad necesarias. Por otro lado, la extracción de la piedra significó la alteración del paisaje urbano de Tarragona al crear terraplenes y desniveles difíciles de mitigar y adecuar al tráfico rodado o pedestre. Por ejemplo, aún son visibles los escarpes de la roca en los terrenos inmediatos a la estación del tren —paseo de España—, el balcón del Mediterráneo, a la altura del camino de la Cuixa —Silla del Arzobispo—, o en las inmediaciones del antiguo hospital de la Mare de Déu de la Salut.

## Notas

1. Elena de Ortueta Hilberath. Estudio financiado por la Consejería de Economía e Infraestructuras (Junta de Extremadura) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) mediante la ayuda a grupos de investigación catalogados. Arte y Patrimonio Moderno y Contemporáneo (GR18101-HUM012), dirigido por Vicente Méndez Hernán. i-PAT-Instituto de Investigación en Patrimonio, Universidad de Extremadura
2. En el presente trabajo hemos manejado la transcripción del *Informe del estudio realizado con los datos recogidos por el teniente coronel Miguel Sánchez Jaramas, y remisión del expediente-resumen a Madrid,* Barcelona 12/21 mayo 1777 y el *Resumen* publicada por José Sánchez Real. (Sánchez 1995, 195-214; 212-217; AGMM. Sig. 3-1-4-9; 3-1-4-11).
3. Los cinco mapas que cotejó durante su visita fueron instrumentos de trabajo, por ello el militar en su informe nos comenta que señaló algunos errores e indicó ciertas mejoras, e incluso elaboró unos propios.
4. El ingeniero resaltó la completa colección de jaspes y mármoles de distinta dureza, colorido y lustre que son «especie de los más exquisitos» empleados en la recién consagrada capilla catedralicia de Santa Tecla diseñada por el arquitecto Josep Prat (Sánchez 1995, 203).
5. 1 vara = 0.835905 m.
6. Tres años después, el 2 de octubre de 1780, Juan de Santa Cruz delineó un plano de la zona portuaria, el

cual contiene la misma información que la figura 2, pero Santa Cruz prescindió en señalar el fondeo. En cambio, a este plano le acompaña otro con la representación del alzado, planta y sección de la puerta, el rastrillo y los almacenes proyectados en la muralla «que mira al mar» (AGMM T-9/1; T-8/15).

7. En la sesión municipal del 25 de mayo de 1776 se iniciaron los trámites para la reedificación del muelle de levante destinado al comercio y a la marina. Meses más tarde, el 30 de agosto de 1776, se envió a la casa real una instancia dirigida a Carlos III con el propósito de lograr la autorización para reconstruir el puerto en la playa de la ciudad. (Morera 1910, 28-29; Escoda 2002, 54).
8. 1 pie = 0,3048 m.
9. Playa de la Comandancia
10. *Poesía de autor anónimo…* (Morera 1910, 81-84); *La gratitud obsequiosa festivamente representada… 1802* (Sánchez 1995, 25-77); *Memoria de las públicas demostraciones… 1803* (Sánchez 1995; 81-93); *Crónica de la visita a Tarragona… 1829* (Sánchez 1995, 97-103).

## Lista de referencias


Escoda Múrria, Coia. 2002. *El puerto de Tarragona*. Barcelona: Lunwerg.

Hernández Sanahuja, Bonaventura. 1859. *Historia del puerto de Tarragona desde su origen hasta nuestros días*. Tarragona: Imprenta del Diario Mercantil.

Morera Llauradó, Emili. 1910. *El puerto de Tarragona.* Tarragona: Tipografía de F. Sugrañes.

Ortueta Hilberath, Elena de. 2017. El faro del dique de levante en el puerto de Tarragona. En *Actas del Décimo Congreso Nacional y Segundo Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción*, Santiago Huerta Fernández et altri (ed. lit.), vol. 2: 1187-1197. Madrid: Instituto Juan de Herrera-ETSAM; Universidad del País Vasco.

Sánchez Real, José. 1995. *Puerto de Tarragona. Acontecimientos notables en su construcción (1802-1829)*. Tarragona: Autoritat Portuària de Tarragona.

Serra Masdeu, Anna Isabel. 2014. Juan de Santa Cruz Bertrand (Gerona, c. 1729-Tarragona, 1785), ingeniero renovador del urbanismo en Tarragona. *Biblio 3W. Revista de bibliografía de geografía y ciencias sociales,* XIX-1099: s/p.

Tarragona, Ayuntamiento. 1777. *Representación que hace el Ayuntamiento de Tarragona S.M. para la reedificación de su puerto y Proyecto de Arbitrios para cubrir gastos y Circular a todos los pueblos de la Provincia, cursando dichos documentos*, s.l: Tarragona.

Terrado Ortuño, Patricia. 2019. *El puerto de Tarraco en época romana (siglos II aC – III dC). Fuentes, historiografía y arqueología*. Tarragona: Autoritat Portuària de Tarragona.

# Desarrollo constructivo y funcional de una casa-torre guipuzcoana. De arquitectura defensiva a casa palacio (siglos XIV-XX)

María Jesús Pacho Fernández

El edificio conocido como Zubieta Torrea o Palacio de Yrizar es una construcción de origen medieval ubicada en el municipio guipuzcoano de Azkoitia e integrado en el casco urbano de la población; en la actualidad es un conjunto que consta del elemento arquitectónico y el jardín anexo incorporado en una fecha avanzada de la historia constructiva del edificio. La casa está estrechamente unida al nacimiento de la villa de Azkoitia puesto que en la fecha de 1331 cuando el rey Alfonso XI concedió la Carta Puebla definitiva para el asentamiento de la población, el edificio ya se había levantado y tenía una posición preeminente que permite pensar en el protagonismo de sus dueños desde el momento fundacional (Arambarri 1973).

Desde el punto de vista tipológico, el edificio responde a la denominación genérica de casa-torre característica de la arquitectura defensiva del Medievo. En el entorno patrimonial la casa disfruta del grado de Protección Especial, máximo grado de protección en el Registro de Patrimonio Cultural Vasco, y queda incluida en el Conjunto Monumental del Casco Viejo de Azkoitia calificado como Bien Cultural (BOPV 4/2/2005. Decreto 17/2005). A su significado arquitectónico, histórico y patrimonial se añade una ocupación ininterrumpida cuyo seguimiento documental se hace posible gracias, entre otras cosas, al nutrido archivo familiar que se conserva y ha sido accesible para el equipo de investigación cuyas conclusiones se incluyen en este artículo[1].

## Tipología del edificio y situación actual

Zubieta Torrea, propiedad de la familia Yrizar desde el siglo XVIII, se identifica con el tipo de *casa-torre,* de forma específica un sub-tipo edificatorio de torre urbana, que ocupa un lugar significativo en la historia de la arquitectura militar y civil entre los siglos XIV-XVI (Luengas y Sánchez 2014). El origen y desarrollo de estos edificios están unidos al nacimiento de los linajes bajomedievales y al control territorial y de las rutas comerciales del comercio castellano. A lo largo del siglo XV se instaló en el País Vasco una situación bélica generalizada conocida históricamente como el conflicto banderizo. Tal como mostró Díaz de Durana (1988), la conflictividad banderiza estuvo ligada a la crisis bajomedieval de las familias dominantes y las dificultades para mantener su estatus. Así mismo se ha señalado el protagonismo de las casas-torre en la gestión de recursos del territorio, así como en su articulación social y geográfica (Azkarate y García-Gómez 2004). De lo anterior deriva el carácter polisémico de la casa-torre como unidad constructiva de usos diversos. El estudio de su desarrollo permite observar la manera en que la preeminencia funcional define el modelo constructivo en distintas etapas históricas hasta imponerse, finalmente, el uso residencial. Se trata de un proceso de carácter general que está documentado en varios estudios de caso (García-Gómez 2003; Ibañez et al. 1996; Luengas y Sánchez 2014); la particularidad de Zubieta Torrea recala en su uso ininterrumpido hasta la

Figura 1
Fachada norte del edificio. Fotografía del equipo de trabajo

actualidad y la posibilidad de documentar al completo su desarrollo.

La casa-torre como tipo edificatorio ha contado con un tratamiento bibliográfico amplio y para el caso de Guipúzcoa el trabajo coordinado por Orella y Estévez sigue siendo de obligada referencia (1996); con posterioridad, la incorporación del análisis estratigráfico al estudio de las fábricas ha propiciado un conocimiento específico de los elementos y la asignación de cronologías más certeras. Así ha sido en el caso de Zubieta Torrea, donde se han definido las fases constructivas y el funcionamiento de los elementos arquitectónicos.

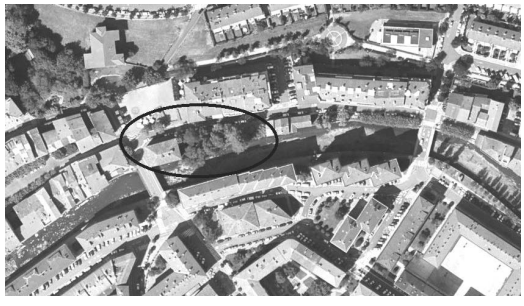


Figura 2
Ubicación actual de Zubieta Torrea. Fuente: Visor Geoeuskadi

Formalmente, se trata de un edificio exento y volumetría compacta con fábrica de mampostería reservando, como es común, la sillería para recercos de vanos y esquinales; presenta una planta regular, con cubierta a cuatro aguas y cumbrera paralela a la fachada principal. La casa eleva cuatro plantas y una superior bajo la cubierta que actúa como desván. El uso habitacional, definitivamente asumido desde el siglo XVI, se asocia a las plantas segunda, tercera y cuarta. La fachada N (principal) tiene una composición regular con los vanos de las plantas superiores ordenados en cuatro ejes principales. Las otras fachadas presentan rasgos semejantes en lo que se refiere a la distribución de los vanos en ejes, si bien con mayor regularidad en los pisos altos. Tal como se ha mencionado, el edificio cuenta con un jardín anexo en su fachada E. En la actualidad el edificio cuenta con tres accesos; uno tardío, abierto en la fachada oriental que articula un eje principal E-W en el interior, y los otros en la fachada N, el más antiguo, excéntrico y bajo un arco ligeramente apuntado, y otro posterior de ubicación central.

Por lo que respecta al interior, la planta baja, cuyo uso se abandonó en primer lugar, cuenta con varios accesos: a la fachada principal, la puerta de arco apuntado, puerta de carruajes desde el jardín y otra interior que la une a la primera planta. Su último uso fue como cuadra de animales; presenta una estructura de madera vista y muros de piedra encalados. Sus alturas de suelo a techo son variables, siendo mayor en la parte que ocupaba la torre original y menor en la ampliación a palacio.

La primera planta resulta ser la planta pública de la casa, concentra las estancias comunes y las zonas de servicio principales; cuenta con un acceso desde la fachada principal, otro desde el jardín y un tercero en la fachada occidental desde el que se accede directamente a la habitación identificada como gabinete. Este piso alberga las siguientes habitaciones: *hall*, despacho, gabinete, comedor, cocina, despensa, habitación de servicio, *office,* cuarto de baño y terraza sobre el jardín.

La segunda planta es la principal del edificio, ahí se ubican las estancias nobles de recepción y celebración, así como los dormitorios principales (uno de invierno y uno de verano). En ésta se encuentran la capilla, el salón de baile y la antesala, designada como el *estrado* (salón de señoras). Cuenta con dos accesos, la escalera principal, que vertebra el edifico y

una escalera de servicio. Es la única zona de la casa que cuenta con cielorrasos que ocultan los forjados de madera.

La tercera planta es el área estrictamente familiar de la casa en la que se ubican los dormitorios. Su acceso se realiza únicamente por la escalera principal.

La planta bajocubierta presenta una altura variable según las aguas del tejado y el cruce de las secciones de madera, con una altura de 1.5 m en el perímetro lo que reduce su superficie útil.

## Fuentes para el estudio del edificio y metodología de la intervención

La metodología seguida por el equipo de trabajo se ha desarrollado en tres estadios siguiendo la fórmula comúnmente establecida: trabajo de campo, investigación documental y estudio de la evolución constructiva del edificio. Hasta el estudio actual la casa no había tenido intervenciones arqueológicas previas. Por otra parte, tampoco se encuentran noticias bibliográficas abundantes si bien el archivo familiar ha aportado información acerca de aspectos variados, también constructivos, del edificio.

Un documento fechado en el año 1778 (Real Cédula de 18 de junio de desvinculación del mayorazgo) menciona una intervención en la que, al parecer, el edificio se derribó en su mayor parte y fue reedificado por los nuevos propietarios (D. Martin Joseph de Areizaga y Dña. Ignacia Micaela del Corral y Aguirre). El objetivo de las obras fue dotar de mayor amplitud y comodidad a la casa, modificación que ha podido verificarse en el correspondiente registro estratigráfico. Además, se conserva un inventario de los bienes muebles del palacio que hace referencia a la existencia de una *galería* que también se ha documentado arqueológicamente en el piso superior. A finales del siglo XVIII, en una fecha sin confirmar, el arquitecto guipuzcoano Francisco de Ibero (1725-1795) realizó unos planos en los que se observa la voluntad clara de adaptar el espacio interior a su función residencial con criterios de la época. Los ejes de esta evolución son la ampliación del espacio de habitación, su acondicionamiento y la especialización funcional de las estancias[2].

Las obras realizadas a lo largo de los siglos posteriores, XIX y XX, pueden también referenciarse documentalmente; por ejemplo, el mencionado archivo familiar guarda una bula papal del año 1842 que permite la celebración de misas en la capilla de la casa lo que facilita la asignación cronológica a la construcción de una capilla. Nuevas reformas internas quedan recogidas en planos con fecha de 1890. Finalmente, ya en el siglo XX, se llevarán a cabo obras para la eliminación de la galería, incorporación de dotaciones higiénicas y una nueva remodelación de las estancias interiores. La última intervención de alcance se sitúa en la década de los años veinte del siglo pasado de la mano del arquitecto Joaquín de Yrizar. En ese momento se construyen cuartos de baño, reconvierten la *galería* en dormitorios e incorporan otros elementos muy comunes en la época (*hall,* despacho).

Las fuentes documentales y el estudio estratigráfico resultan, naturalmente, complementarios.

## Estudio arqueológico. Fases constructivas

En el primer momento del estudio del edificio las sucesivas intervenciones realizadas en tiempo histórico dificultaban la observación de su fábrica; mediante la lectura de sus alzados ha sido posible documentar sus orígenes e identificar la secuencia constructiva[3].

Se ha registrado cada acción ejecutada en secuencias temporales, siguiendo los planteamientos del sistema estratigráfico desarrollado por Harris (1991) y Carandini (1997). El estudio arqueológico ha identificado unidades estratigráficas y registrado las relaciones que existen entre ellas, ofreciendo la posibilidad de definir secuencias, vínculos de anteroposteridad y, así, asignaciones cronológicas. El análisis abarcó tanto el alzado del edificio como el subsuelo.

El equipo arqueológico ha identificado las fases de construcción que, de forma resumida, se describen a continuación:

La fase 1. Señalada como Torre 1 se ubica en el núcleo central de la estructura actual, es la fase constructiva más antigua; se han identificado numerosas unidades estratigráficas que hablan de una construcción defensiva de planta cuadrangular (6.5m E-W/5.30m N/S) cuya altura se desconoce. Probablemente contaba con un acceso en su cara N. El muro, únicamente identificable al exterior, se realizó en sillarejo de arenisca en hiladas irregulares, completado con mampostería y cerrado con sillares colocados a soga y tizón. Tal como se muestra en la Figura 3, se

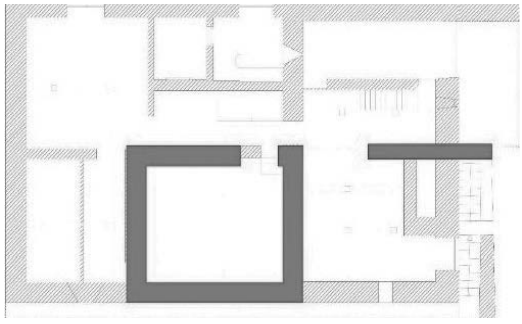


Figura 3
Planta de la Torre con los elementos de la Fase 1. Elaborada por L. Sánchez, B. Renedo y J. M. Martínez

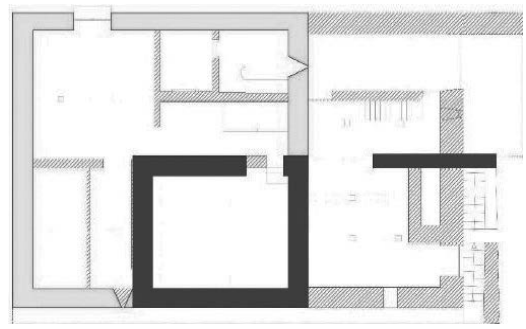


Figura 4
Planta de la Torre con los elementos de la Fase 1+2

ha identificado una estructura de muro que se asocia al sistema defensivo primitivo. La bibliografía (González 2004,218) habla de la existencia de murallas u otros elementos defensivos exteriores. La estructura hallada en Zubieta permite asegurar la existencia de esta defensa en su lado oriental.

Por lo que se refiere a su cronología, ya se ha mencionado con anterioridad la Carta Puebla dada por Alfonso XI en el año 1331 para la refundación de la villa; tal como se recoge en el documento, población contaba con dos arrabales y el meridional arrancaba en la casa de Yrizar prolongándose hasta el convento de Santa Clara. Ello permite establecer una fecha *ante quem* para la construcción original de la casa-torre, si bien no se puede fijar con los datos actuales.

Fase 2. Ampliación de la torre primitiva hacia el NW dando lugar a una estructura regular, cuadrada. Se observa un aparejado similar de sillarejo calizo en hiladas más o menos regulares con la voluntad de colocar las piezas de mayor tamaño en los niveles inferiores y los esquinales también a soga y tizón. La Figura 4 muestra el alcance de los muros conservados en la fachada norte de la casa (sombreado). Un elemento interesante de esta segunda fase es el traslado del acceso que se abre con un arco apuntado. Las características técnicas y dimensiones de este arco permiten pensar que se construyó en la fase anterior y fue trasladado en este momento con la ampliación de la cara norte. Aparece destacado en la misma figura un vano geminado, cegado posteriormente, con arquitos ligeramente apuntados labrados en una pieza. Su trazado en una pieza muestra el esfuerzo del cantero en interpretar un elemento característico de la arquitectura contemporánea, si bien puede adivinarse cierto aire rústico en su labor.

Los datos obtenidos permiten interpretar que en esta fase se abunda en la función defensiva del edificio, coherente con la presencia de dos saeteras de las fachadas oriental y meridional, alcanzando una altura considerable y aspecto compacto. La ampliación supone una remodelación completa de su interior, pero no es posible identificar ni posibles estancias ni usos. En cualquier caso, la predominancia de su función defensiva hace suponer, tal como ha expresado García-Gómez (2003:132) para otros casos estudiados, que *la estructura del recinto y su distribución espacial estaban pensadas para llevar a cabo una resistencia efectiva ante el enemigo, y sólo en segundo lu-*

Figura 5
Fachada N con los restos de la Fase 2 sombreados. Elaborada por L. Sánchez, B. Renedo y J. M. Martínez

*gar para atender las necesidades domésticas*. De esta forma, las condiciones de habitabilidad y la asignación funcional del recinto estaban sometidas a la naturaleza de la construcción en sus etapas iniciales.

Los datos ofrecidos por la arqueología no hacen posible establecer una cronología exacta de la construcción de esta nueva torre, no obstante, dada la envergadura del proyecto, hubo de ser en un momento de auge de la villa e influencia de la familia Yribe propietaria entonces. Las fuentes documentales recogen la firma en el año 1413 de la denominada Carta de la Concordia, que extendía a los habitantes de fuera de los muros de la villa algunos privilegios, en la casa torre de Yribe lo que habla de su importancia. La construcción de la nueva torre es coherente con el creciente protagonismo de la familia en la villa; se han mencionado además las reuniones del concejo celebradas en la torre, concretamente en un documento del archivo familiar del año 1466, lo que permite pensar que para ese momento el nuevo edificio ya estaba construido.

Fase 3. Elevación con ventanas conopiales al oeste. La estructura muestra algún tipo de colapso del edificio (la pared sur desciende hasta la planta baja) que obligó a su reconstrucción. En esta fase el lado S presenta mampostería de piezas de tamaño diverso de forma desordenada. La diferencia de aparejo, los otros lados mantienen el sillarejo, se justifica por economía de medios al ser la fachada que se abre al río (la fachada N es la principal y la occidental se abre a la entrada de la villa). El tratamiento de los vanos es coherente con esta categorización lo que muestra cierto grado de sofisticación en el diseño por parte del maestro constructor. En la fachada W se abren dos ventanas en arco conopial (en la actualidad cegadas), mientras que en el lado S los vanos son adintelados. Al interior se conservan los únicos restos de la estructura de madera original, formada por tres grandes vigas paralelas de sección cuadrada (orientación N-S) con diez solivos perpendiculares que soportan el suelo del piso superior, una fórmula que parece repetirse en numerosos ejemplos (Luengas y Sánchez 2014).

Las obras realizadas en esta fase muestran los primeros pasos hacia un uso residencial dominante. El fenómeno tuvo lugar de forma generalizada desde el fin del conflicto banderizo y la progresiva sofisticación de los usos sociales tras el periodo bélico (González 2004), sobre todo a partir del desmochamiento ordenado por Enrique IV en el año 1456. Las cercanas Torre de Balda (Azkoitia) y Torre de Loyola (Azpeitia) vivieron el mismo proceso. La incorporación de las ventanas conopiales, elemento importado de la arquitectura culta, acompaña estas afirmaciones. Todo hace pensar que la fase constructiva 3 tuvo lugar en el siglo XVI.

Fase 4. Modificaciones internas y apertura de conopiales en la fachada N. Esta fase constructiva supuso el impulso definitivo para la función residencial del edificio. La prevalencia habitacional se apoya en dos elementos muy significativos, la transformación del espacio interior y, otra vez, la incorporación de elementos constructivos provenientes de la arquitectura culta que ya habían aparecido en la etapa anterior. Se trata de las ventanas conopiales que se abren ahora en la fachada principal de la casa tal como se observa en la Figura 6.

En este caso los arcos presentan una factura más elaborada, se ha utilizado un picón muy fino que produce una superficie muy lisa y un diseño elegante; ello hace pensar en un artesano diestro con un perfil superior al que realizó los anteriores. El edificio es, también en el nuevo contexto no bélico, un trasunto del apellido de la casa y la proyección simbólica de la familia.

Por lo que respecta al interior, al rasgar el muro se favoreció la iluminación de las estancias que también se ampliaron en este momento. La estratigrafía ofrece una cronología que se puede colocar entre el final del siglo XVI y el principio del siglo XVII.

Figura 6
Fachada N con los vanos conopiales de la fase 4. Elaborada por L. Sánchez, B. Renedo y J.M. Martínez

De lo dicho hasta ahora se desprende la importancia de los vanos conopiales como elemento característico de la casa. La reiteración en el uso del mismo tipo de elementos en momentos constructivos diferentes es una práctica muy común; se trata de un edificio inmerso en un proceso de transformación en el que se ha interiorizado el significado de esos arcos sofisticados y "modernos". Por otra parte, existe ya conciencia de la casa como un continuum que debe ser coherente y ofrecer una idea de unidad. De esa forma es comprensible la reiteración en el uso del mismo elemento en sucesivas fases constructivas. Otro ejemplo de la pervivencia de estos arcos se encuentra en la casa de Etxesaga en las afueras de Azkoitia, construida a mediados del siglo XVI, abundando en el carácter identitario de los elementos.

Fase 5. Ampliación hacia el E y elevación. Esta intervención es la de mayor calado y es doble al ampliarse su superficie y elevarse un piso en altura al conjunto. Los vanos que se abren en ese momento son mayoritariamente adintelados y distribuidos regularmente, lo que da lugar a una fachada ordenada característica de lo que en términos estilísticos se considera neoclásica. La estructura de madera es la misma que se conserva en la actualidad siendo escalera el elemento que adquiere protagonismo tanto estructural como en la distribución espacial y tránsito interior.

En el interior la distribución en altura es ya muy cercana a la actual a excepción de la presencia de la *galería* que desaparecerá posteriormente. Una actuación que fijó definitivamente el carácter palacial de la casa fue la definición de una planta noble donde se abren un gran salón (zona occidental) y otro de menores dimensiones (zona sur) que alberga aún la capilla. Esta fase constructiva se enmarca en el siglo XVIII.

Fases 6 y 7. Reforma interior del siglo XIX, cierre de la galería superior y reformas del siglo XX. Las obras realizadas en estas últimas fases no afectaron a la estructura del edificio ni modificaron en lo fundamental su apariencia exterior, a excepción de la supresión de la galería. En el primer piso se construyó la cocina cuyo suelo de losas de piedra aún se conserva, así como un primer despacho y un gabinete. Paralelamente, en la tercera planta se redistribuyó el espacio para crear nuevas habitaciones y la calefacción de los espacios permitió que se ganase en confortabilidad.

La Fase 6 parece realizarse en el segundo cuarto del siglo XIX. La documentación arroja el dato de la compra y unificación de la propiedad en la persona de D. Rafael de Palacios y a continuación su hijo D. Francisco Palacios, pudiéndose interpretar que fue en

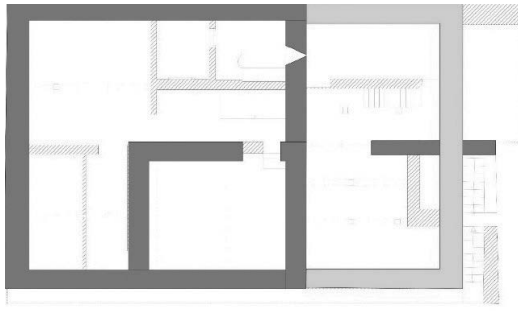


Figura 7
Planta de la casa. Ampliación hacia el E marcada a la derecha de la planta. Elaborada por L. Sánchez, B. Renedo y J.M. Martínez

Figura 8
Fachada S de la casa. Fotografía del equipo de trabajo

Figura 9
Tramo de la escalera principal de la casa. Fotografía del equipo de trabajo

ese momento cuando las obras de modernización y acondicionamiento del palacio tuvieron lugar.

En la Fase 7 se llevaron a cabo las últimas reformas y el acondicionamiento de la casa según los requerimientos del siglo XX, realizándose una importante ampliación del espacio dedicado a las habitaciones a costa de la galería y la incorporación de cuartos de baño. Al exterior la superficie es repicada y enfoscada (el enfoscado se conservó hasta la década de los cincuenta).

## La planimetría como fuente complementaria

Entre la documentación conservada en el archivo familiar existen dos juegos de planos que ilustran parte del proceso constructivo descrito en el estudio arqueológico. El primero es un conjunto de cinco planos (uno por planta) del arquitecto Francisco de Ibero (1724-1795), los segundos son los planos firmados en el año 1924 por el arquitecto Joaquín de Yrizar, miembro de la familia propietaria en ese momento.

Tal como se ha señalado, uno de los elementos más interesantes del estudio de la Torre Zubieta es la posibilidad de observar su desarrollo ininterrumpido desde su origen hasta la actualidad. Por lo que se refiere a esta tipología edificatoria, la reasignación funcional del edificio y su adaptación al uso residencial son factores característicos. La importación de elementos de la arquitectura culta, se han tratado ampliamente los vanos conopiales, es uno de los recursos fundamentales y en el caso de la Torre Zubieta un hito de esa transformación es la incorporación de una *loggia*. Desde el siglo XVI se registra la apertura de vanos como loggias en los pisos altos, se trata de una idea que parece tener su origen en las construcciones de la corona aragonesa (Cendoya 1995). En el caso de Zubieta parece clara la intención de dotar al edificio de un aire más ligero y elegante, suntuoso. La galería remata la reconstrucción del edificio en el siglo XVIII, impulsada por la nueva propietaria Dña. Micaela del Corral y Aguirre que adquiere el edificio a las monjas del convento de Santa Clara en el año 1770 según consta en la documentación.

La adaptación a la función residencial tiene su correlato también en la modificación de su espacio interior. Tal como se ha visto, el estudio estratigráfico ofrece datos concretos respecto a la transformación del edificio y muestra cómo para el final del siglo XVIII la casa muestra ya una distribución cercana a la definitiva. Destacan, en ese sentido, la ubicación de la escalera como elemento rector y la caracterización en altura de la casa: planta de acceso, recepción y servicios, planta noble, de carácter social (primera planta) y planta privada de la familia (habitaciones en la planta superior). La presencia del arquitecto Francisco de Ibero firmando los planos de reforma es significativa por varios aspectos.

Los planos de Ibero (Figura 10 y Figura 11) muestran una estructura interna asimétrica respecto al eje de la escalera derivada del crecimiento orgánico y progresivo del edificio. Se observan elementos de muy interesantes desde el punto de vista tipológico; en el primer piso se concentra la zona de servicios, cocina y despensa, así como los dormitorios para el personal de servicio. El arquitecto ubica la cocina y una estancia que identifica como *saleta a la italiana* que puede utilizarse como comedor. Esa denominación se emplea como trasposición del término que designa la habita-

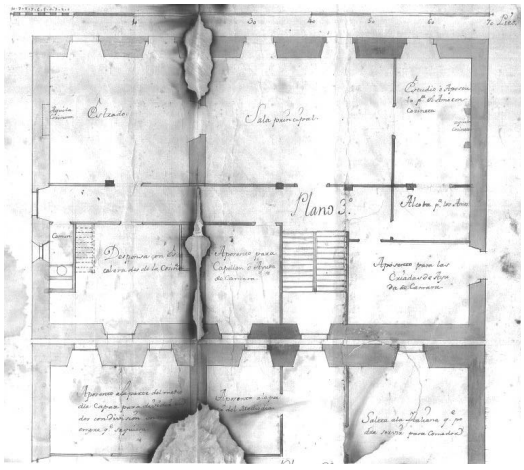



Figura 10
Plano de Francisco de Ibero. Piso principal

ción que antecede a la antecámara principal. La acepción alcanzó España a través de la tradición francesa vulgarizándose en su uso como en este caso.

La Figura 10 muestra el plano de la planta principal con la presencia de una sala mayor asociada a un *estrado*. Ambos elementos constituyen un espacio de representación. En la actualidad, tras la reforma de los años veinte, pervive la asociación de una sala principal y una amplia habitación que guarda su denominación antigua en los planos de Joaquín de Yrizar. De nuevo la terminología utilizada es significativa, el concepto de *strado* designa originalmente al conjunto de muebles que servía para adornar el lugar o pieza en que las señoras recibían las visitas; la tradición italiana está presente en toda la arquitectura occidental y en muchas ocasiones se fija de forma arbitraria en los usos del lenguaje técnico. También se ha mencionado a la voluntad de crear espacios confortables y la presencia de las *cocinetas* muestra esta intención. El caso de la cocineta es similar al del estrado, se trata de un concepto italiano que designa una estufa para colocar sobre las mesas; es una de las escasas referencias a estos aparatos. La incorporación de las chimeneas a la francesa que se generalizaron como elemento de lujo a lo largo del siglo XIX arrinconaría su uso.

Las habitaciones para dormir carecen originalmente de la importancia que tendrán a partir del siglo XIX. Por ahora sí que es relevante la asociación del dormitorio con una sala auxiliar que en este caso adopta la denominación de *estudio o aposento*. La multiplicación de habitaciones asociadas al dormitorio es una herencia italiana que se considera una opción de lujo. El mismo uso de la denominación aposento (originalmente habitación anexa) remite igualmente al ascendente italiano dominante en la arquitectura de ese momento. Será en el siglo XIX cuando la arquitectura francesa, de forma muy especial en lo que se refiere a la organización de los espacios interiores de las viviendas, se haga hegemónica en todo el continente.

La distribución actual de Zubieta Torrea es fruto de la intervención de Joaquín de Yrizar. Su reforma respetó estratificación en altura y la asignación funcional de cada uno de los pisos del edificio incorporando infraestructuras higiénicas y reconvirtiendo la galería en dormitorios.

La planta baja aloja la zona de recepción que el arquitecto denomina *hall* según la costumbre importada ahora de la arquitectura residencial inglesa. Junto al hall se ubica el despacho, ambos comparten un uso público al acoger visitas de trabajo y negocios del dueño de la casa. Ahora se observa un binomio característico formado por la sala de la familia y comedor, a lo largo del siglo XIX se había establecido un modelo de comportamiento y costumbres familiares y sociales que tuvieron su reflejo en la definición de los espacios interiores en las viviendas. El comedor reúne a la familia y, en ocasiones especiales a los allegados, alrededor de la mesa siguiendo un protocolo que se impone progresivamente en toda Europa; antes de pasar al comedor es necesario un espacio que permita la reunión, la sala de familia que favorece el encuentro al calor de la chimenea que se incorpora a la habitación. Por su parte, siguiendo una costumbre también inglesa se ubica la cocina en el piso inferior habilitando una escalera de servicio para comunicarla con el comedor. Se trata de una opción que posteriormente prohibirían las ordenanzas municipales por motivos higiénicos y de seguridad; posteriormente la cocina pasaría a ocupar el espacio que en los planos de Yrizar acoge un dormitorio.

La segunda planta mantiene su carácter noble si bien reformulando la propuesta de Ibero. El espacio está dominado por una sala principal denominada *salón* que cuenta con la característica antesala haciendo las veces de espacio de transición entre descanso de

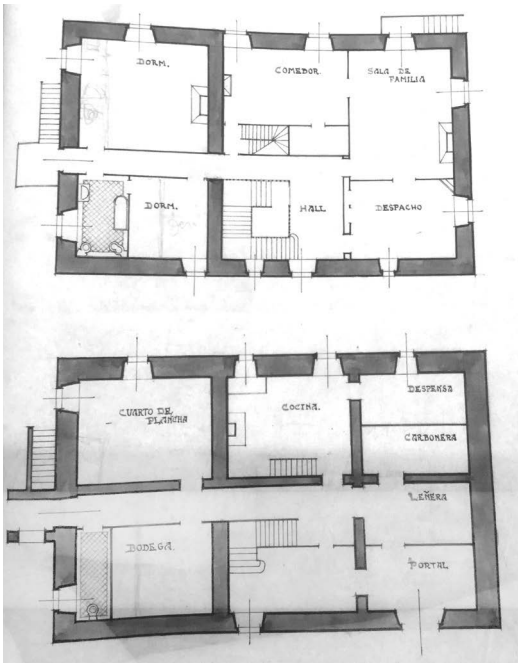



Figura 11
Planos del Arquitecto Joaquin de Yrizar. Plantas segunda y tercera

la escalera y la sala principal. La condición especial de este salón tiene su reflejo en su decoración, con mobiliario de asiento característico, y de forma especial con el papel pintado de la pared.

La planta superior, aparece ahora ocupada por dormitorios, uno de ellos incorporando un cuarto de baño completo (con una iconografía muy característica y detallada), que nos habla de la creciente demanda de privacidad y especialización del uso de los espacios según los preceptos modernos.

A modo de conclusión, puede mencionarse el valor añadido que aportan los equipos multidisciplinares en el estudio de la historia de la construcción de elementos significativos como la Torre Zubieta, al que se ha añadido además la colaboración de familia Yrizar propietaria en la actualidad. Ello favorece no sólo el conocimiento profundo del edificio en su contexto histórico y tipológico, sino también a su puesta en valor contribuyendo de esa forma su supervivencia.

## Notas

1. El trabajo de investigación al que se refiere esta comunicación se puso en marcha por iniciativa de la familia propietaria del inmueble y tenía como objetivos el análisis integral del edificio, su puesta en valor y estudio de reasignación de usos del inmueble. Se desarrolló en los siguientes ejes: memoria histórica, levantamiento arquitectónico constructivo, registro y catalogación de elementos decorativos, estudio de degradación material y daños estructurales. El equipo estuvo compuesto por: Carlos Pérez, Ángel García y Raquel Salazar (Arquitectura), Félix Andrés, Idoia Mardones (Arquitectura técnica), María Jesús Pacho (Historia del Arte), Leandro Sánchez, Blanca Renedo y José Manuel Martínez (Arqueología), Javier Marroyo (Delineación), Nebai Callejo (Topografía), coordinador del equipo: Saturnino López (arquitecto técnico). Los trabajos se realizaron entre los años 2019 y 2020 a través de un convenio de colaboración entre empresas privadas (MURALA Arquitectura, Qark Arqueología) y la Universidad del País Vasco UPV/EHU, a través de su Oficina de Transferencia de la Investigación.
2. Los documentos que se mencionan, Real Cédula de 18 de junio del año 1778 y el inventario de bienes muebles del palacio realizado por mandato de María Concepción de Alcibar, dueña del edificio en ese momento, y el *Plan dispuesto por el Mrô. Arquitecto Juan Fran^co^ de Ibero para la Modificación de la Casa Torre Zubieta en Azcoitia*, forman parte del archivo familiar que en la actualidad se encuentra depositado y en fase de catalogación en la Fundación Sancho el Sabio de Vitoria-Gasteiz.
3. El estudio arqueológico se realizó por Leandro Sánchez, Blanca Renedo y Jose Manuel Martínez

## Lista de Referencias

Arambarri, S. 1983. *Ensayo crítico entorno al arte popular vasco en Azkoitia. Arquitectura, escultura, pintura.* Donostia-San Sebastián: 272.

Azkarate, A.; I. García-Gómez. 2004. Las casas-torre bajomedievales. Análisis sistémico de un proceso de reestructuración espacial/territorial. *Arqueología de la Arquitectura*, 3: 3-37.

Carrandini, A.1997. *Historias en la tierra. Manual de excavaciones arqueológicas.* Barcelona: Crítica.

Cendoya, I.1995. *Arkitektura eta hirigintza Gipuzkoan*. Bilbao: Mensajero.

Díaz de Durana, José Ramón. 1998. Historia y presente del tratamiento historiográfico sobre la lucha de bandos en el País Vasco. Balance y perspectivas al inicio de

una nueva investigación. En *La lucha de bandos en el País Vasco, de los parientes mayores a la hidalguía universal: Guipúzcoa de los bandos a la Provincia (siglos XIV-XVI)*, editado por J.R. Díaz de Durana, 41-26. Bilbao: Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea.

García-Gómez, Ismael. 2003. Claves para el conocimiento de la configuración espacial de una torre banderiza: la Torre de Murga (siglo XIV-XV). *Arqueología de la Arquitectura,* 2-2003:131-138.

Harris, E.C. 1991. *Principios de estratigrafía arqueológica.* Barcelona: Crítica.

Ibañez, A; A. Moraza y E. Uribarrio. 1996. La casa torre de Galartza (Aretxabaleta). De torre a caserío pasando por palacio: Evolución, acomodación y deterioro. *Revisión del Arte Medieval en Euskal Herria. Cuad. Sec. Artes Plast. Monum,* 15: 315-324.

Luengas, D.; S. Sánchez. 2014. Las residencias señoriales bajomedievales en el País Vasco: Análisis de la evolución del sistema constructivo y sus elementos singulares. *Congreso Latinoamericano REHABEND*: 110-117.

# Propuesta de interpretación sobre los medios de elevación utilizados en la muralla púnica de Cartagena

Ramón de Paco Gabarrón
Pau Natividad Vivó
José Calvo López
Sebastián F. Ramallo Asensio

En esta comunicación nos proponemos plantear una hipótesis acerca de los medios de elevación empleados durante la ejecución de la muralla púnica de Cartagena, cuya construcción se caracteriza por el empleo de unos bloques de calcarenita de llamativas dimensiones. En primer lugar, determinaremos la forma y las dimensiones de estos bloques a partir de un levantamiento mediante escáner láser del tramo de muralla conservado en el Cerro de San José, lo que nos permitirá calcular el volumen y el peso de los sillares de mayor dimensión. A continuación, estudiaremos en qué medida los medios de elevación conocidos en la Antigüedad permiten la colocación de estos bloques, siguiendo fuentes literarias como el texto de Vitruvio (De Architectura, X) y el estudio de Philippe Fleury (1993); todo ello sin obviar los condicionantes impuestos por un terreno de laderas escarpadas.

## Contexto histórico

La «fundación» de *Qart Hasdasht* por Asdrúbal, hacia el 228 a.C., marca el inicio de un ambicioso proyecto de urbanización, en el que la construcción de la muralla constituye una de las primeras prioridades. La envergadura que alcanzan estos muros, junto al desarrollo urbanístico, adaptado en gran parte a las laderas interiores de las cinco colinas que definen el perímetro de la ciudad, transmite con claridad la estratégica función que esta localidad estaba destinada a desempeñar en el dominio territorial bárquida de todo este sector del sureste de Iberia y en la explotación de sus recursos. La «nueva urbe» garantizaba el control de las ricas explotaciones mineras del entorno (Estrabón, III, 2, 10), en tanto que el puerto, protegido de forma natural por casi todos sus frentes, que se abre a los pies del promontorio donde se ubica el recinto amurallado, ofrece una excepcional ventana de comunicación con la metrópolis africana y una amplia rada –probablemente la mejor de la fachada levantina– para el fondeo de la flota.

El espacio susceptible de urbanización, algo menor de 40 ha, estaba condicionado por la orografía irregular que conformaban los diferentes cerros que definían y limitaban el promontorio emergido. Polibio (X, 10, 1), que escribe hacia el tercer cuarto del siglo II a.C., nos ha legado con su detallada descripción de la topografía de Carthago Nova una de las páginas más sugerentes de la corografía antigua. El recinto amurallado debió englobar las laderas interiores de las colinas cerrando las vaguadas intermedias, siguiendo un recorrido irregular con tramos escalonados y a distintas alturas, complicando su ejecución como consecuencia de la morfología del entorno y lo escarpado del terreno. Las evidencias materiales, aunque escasas, permiten intuir el recorrido. Se han descubierto tramos de muralla en la cara norte del Cerro del Molinete (donde se emplazaba el *Arx Hasdrubalis* según la descripción de Polibio), ladera meridional del Cerro de San José (dedicado a *Aletes*), occidental del Cerro de la Concepción (*mons Aescu-*

Figura 1
Restitución con inserción de hallazgos púnicos de la topografía de *Qart-Hadasht*. (Ramallo y Martín 2015)

*lapii*), así como un posible foso asociado al sistema defensivo en el Cerro de Despeñaperros (*Hesfesto*) (Figura 1)

## Contexto constructivo

La muralla púnica se cataloga dentro de las construcciones de casernas, de tipo defensivo-militar que se utilizaban en época bárquida y que posteriormente sería ocupada y reutilizada en algunos de sus tramos por los romanos tras la conquista de *Qart Hadasht*.

Las excavaciones realizadas en la ciudad de Cartagena iniciadas entre los años 1987 y 1990 en la vaguada natural que conforman el Cerro de San José (*Aletes)* y el Cerro de Despeñaperros (*Hesfesto*) (figura 1), pusieron de manifiesto la existencia de unas estructuras amuralladas que servían de cinturón defensivo a la ciudad púnica de *Qart-Hadasht*. El paño excavado (Figura 2), con una orientación Norte-Sur, está construido mediante dos muros externos de sillares ortoédricos separados entre sí por una distancia total de 5,20 / 5,30m (c. 10 codos de 0,52m); y trabados entre sí por otros perpendiculares construidos de mampostería regular entre bloque verticales de calcarenita, cimentados sobre la roca madre, previamente excavada y allanada, conformando el típico *opus africanum* característico de este período (Ramallo y Martín, 2015). Estos tirantes determinan espacios intermedios de 3,75 metros de anchura y 2,95/3,00 metros de longitud agrupados de tres en tres y con acceso al central abierto en la cara interior. Tipológicamente se puede englobar dentro del conocido como muralla de casernas, caracterizada por la utilización de los espacios internos para el almacenamiento de provisiones, armamento, alojamiento del cuerpo de guardia y otros usos. Así queda documentado por los tratadistas de la época, tales como Apiano, (*Historia romana*, VIII, 95), o Polibio (X, 10, 1). En cierto modo, y a escala menor, en su concepción la muralla de Cartagena seguiría el modelo de las de Carthago descritas por Diodoro (XXXII, 14) y otros autores antiguos. En la península ibérica, las murallas de Carteia, o las de la fase púnica de Castillo de Doña Blanca, reproduce, entre otras, este mismo patrón (Blánquez y Bendala, 2002-2003).

La cara exterior de la muralla conserva unas dimensiones máximas de 22,10 metros de longitud y permite reconstruir, al menos, un alzado de cinco hiladas; mientras que, por su parte, el muro que se correspondería con la cara interna de la misma cuenta con una longitud de 28,40 metros; en este caso, a partir de la segunda hilada - o la cuarta si contamos las dos de cimentación - el muro se debió levantar con bloques de adobe de 0,52 m de longitud y 8/9 cm de grosor (figuras 2, 3). Es muy llamativa esta combinación de *opus quadratum* en el frente exterior y zocalo/cimentación del interior, sobre la que se alzaban las tongadas horizontales de adobe, ya que lo habitual es el empleo de la misma técnica y material en los dos frentes del muro (figuras 2, 3). Los sillares, con los bordes biselados y labrados en bloques de calcarenita extraída de las canteras situadas cinco kilómetros al oeste de la ciudad (Ramallo y Arana 1987,124-128), se disponían sobre una capa de arcilla plástica de color rojizo; no hay trazas de cavidades para ensamblar grapas de sujeción. Los sillares tienen unas dimensiones de 130-120 cm de soga y 70-80 cm de tizón. Se han podido conservar en algunos tramos hasta una superposición de cinco hiladas de estos bloques de calcarenita, formando todo el conjunto una altura que ronda los 3,20 metros, siguiendo la tipología constructiva de aparejo isódomo.

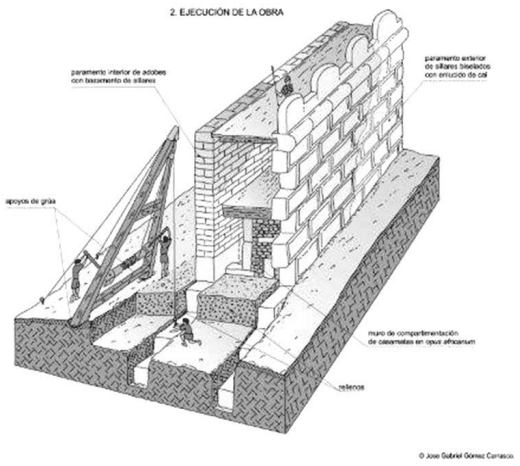



Figura 2
Esquema constructivo de la muralla púnica de Cartagena (Ramallo y Martín 2015)

Figura 3
Muralla púnica de Cartagena (fotografía del autor)

La planta superior estaría construida, según diversas hipótesis, mediante vigas de madera de suficiente envergadura como para soportar sobre ella el pavimento de mortero y a los soldados y artilugios que ejercían la línea defensiva de la ciudad. Es de suponer, y según los vestigios conservados en la actualidad, que el último tramo superior de la muralla hubiese coronado mediante hiladas de bloques de arenisca que hacían la función de parapetos y rematados superiormente mediante almenas.

## Metodología de levantamiento empleada

Para abordar nuestro estudio con garantías se ha considerado oportuno realizar un levantamiento del conjunto arqueológico de la muralla púnica objeto de análisis, con objeto de generar una documentación gráfica rigurosa de la muralla y, a continuación, obtener el volumen de una selección relevante de sillares.

La captura de datos para el levantamiento se ha llevado a cabo mediante un escáner láser Leica modelo BLK360. Para ello, se han efectuado un total de 46 escaneos en el entorno de la muralla, procurando que hubiera un solape mínimo del 50% entre capturas adyacentes. Los escaneos realizados generan nubes de 11 millones de puntos aproximadamente cada una. Es importante señalar que algunas partes de la muralla no se han podido escanear, en particular las caras superiores de los sillares de las hiladas más altas, a consecuencia de la imposibilidad de estacionar el escáner en zonas más elevadas desde las que poder capturar las caras superiores. En cualquier caso, las partes no escaneadas son menores y poco relevantes para nuestro estudio.

Una vez terminado el trabajo de campo, se han descargado, desde el escáner al ordenador, las 46 nubes de puntos. Se han descargado las nubes de puntos en formato BLK mediante el software BLK Data Manager, se han importado en el software Cyclone Register 360 BLK Edition y se han orientado entre sí, obteniendo un conjunto de 506 millones de puntos con un error menor que 8 milímetros. Seguidamente las nubes se han guardado en formato E57 y se han abierto en el software Cloud Compare. Esto ha permitido armonizar sus colores, es decir, minimizar en la medida de lo posible, las diferencias de color derivadas de realizar capturas en distintos días y horas con condiciones de luz cambiantes. Después se han eliminado las partes escaneadas exteriores al conjunto de la muralla y no relevantes para nuestro estudio. Y, por último, se han

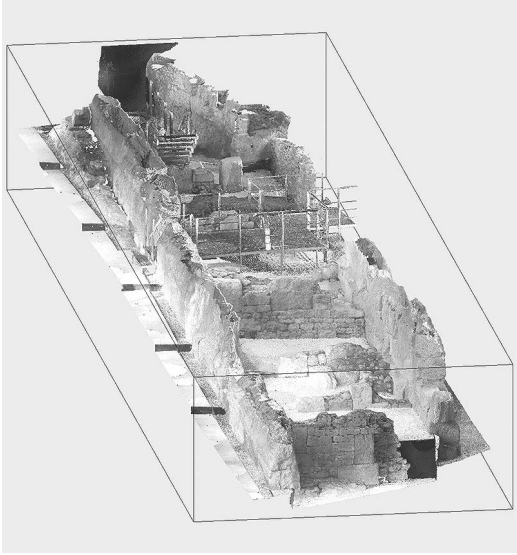


Figura 4
Nube de puntos de la muralla púnica de Cartagena, procesada en Cloud Compare (fotografía del autor)

fusionado todos los puntos en una única nube y se ha reducido su densidad considerando una distancia mínima entre puntos de 3 milímetros. La nube resultante, que se muestra en la figura 4, cuenta con un total de 27 millones de puntos y se ha guardado en un único archivo E57 con un tamaño aproximado de 0,50 GB, lo que permite su edición en programas de dibujo asistido por ordenador.

El archivo E57 definitivo obtenido con Cloud Compare se ha importado al software de modelado 3D Rhinoceros y se ha utilizado para dibujar los planos que se observan en las Figuras 5 y 6, que se han elaborado mostrando la nube de puntos 3D mediante vistas ortográficas 2D y calcando, sobre dichas vistas, los contornos aparentes de los sillares y sus juntas horizontales y verticales. Llegados a este punto es importante remarcar que, en cada muro, las juntas visibles en las dos caras coinciden entre sí, lo que significa que los sillares abarcan el espesor completo del muro. En los alzados de la Figura 6 se han dibujado, con líneas discontinuas, las prolongaciones de varias juntas, que representan las hipotéticas partes enterradas de los sillares asentados escalonadamente. Sobre los alzados también se ha identificado, con números del 1 al 10, una selección relevante de sillares. Se han seleccionado cinco sillares en el muro exterior y otros cinco en el interior. Se han elegido sillares de grandes dimensiones, pertenecientes a diferentes hiladas y de los cuales se han podido escanear, al menos, sus dos caras exteriores.

Para cada uno de los sillares seleccionados se ha calculado los volúmenes hipotético y real. El volumen hipotético sería el volumen del sillar original, es decir, el volumen del ortoedro contenedor mínimo dentro del cual quedan incluidos todos los puntos del sillar, representado en la Figura 7 en línea de puntos. Por el contrario, el volumen real representaría el volumen actual del sillar, teniendo en cuenta su deterioro y pérdida de material. Para po-

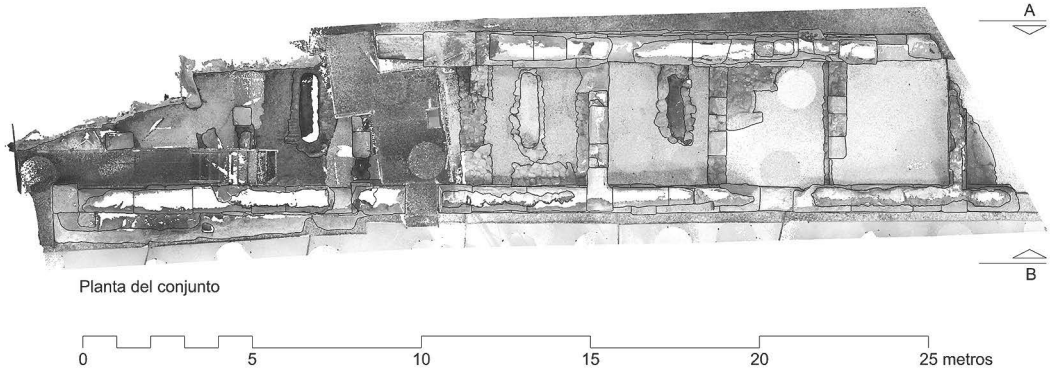



Figura 5
Planta de la muralla púnica de Cartagena (fotografía del autor)

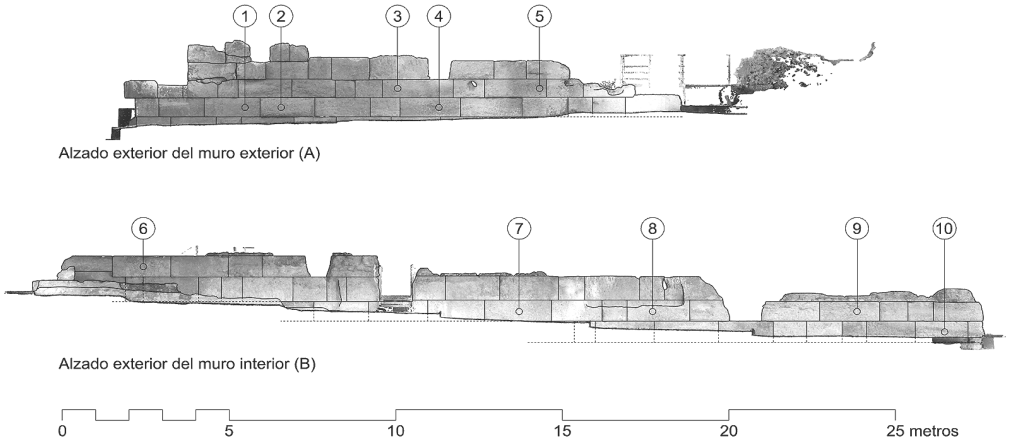



Figura 6
Alzados de la muralla púnica de Cartagena (fotografía del autor)

der calcular el volumen real se han aislado los puntos que definen las caras del sillar y se ha considerado que las juntas vienen definidas por superficies planas horizontales y verticales, generando una polisuperficie cerrada tal y como se muestra en la Figura 8. Todos los volúmenes se han obtenido en Rhinoceros con el comando correspondiente. Los datos de los sillares seleccionados se muestran en la Tabla 1.

## Hipótesis sobre el método de elevación de los sillares

Como podemos observar en la Figura 7, la primera hilada de sillares de ambos paños de muralla se colocaba sobre el suelo excavado y aplanado, por lo que ubicar los bloques en el punto de operación era relativamente sencillo mediante el empleo de angarillas. El transporte por suelo se realizaba mediante rodillos

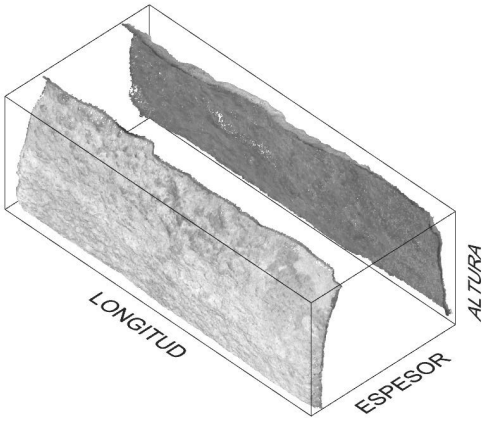



Figura 7
Nube de puntos y ortoedro envolvente del sillar identificado con el número 9 (fotografía del autor)

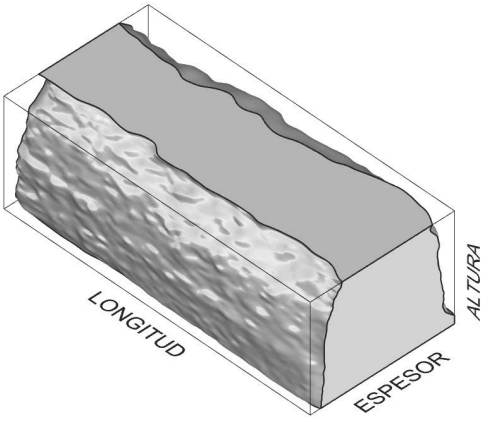



Figura 8
Polisuperficie cerrada del sillar identificado con el número 9 (fotografía del autor)

Tabla 1
Datos de los sillares seleccionados (fotografía del autor)

| Sillar | Muro | N.º de hilada | Ortoedro contenedor: longitud x espesor x altura (en m) | | | Volumen hipotético (en $m^3$) | Volumen real (en $m^3$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Exterior | 2 | 1,717 | 0,827 | 0,646 | 0,917 | 0,823 |
| 2 | Exterior | 2 | 1,657 | 1,063 | 0,646 | 1,138 | 1,022 |
| 3 | Exterior | 3 | 2,150 | 0,757 | 0,603 | 0,982 | 0,757 |
| 4 | Exterior | 2 | 1,826 | 0,856 | 0,623 | 0,972 | 0,884 |
| 5 | Exterior | 3 | 1,899 | 1,068 | 0,619 | 1,257 | 1,080 |
| 6 | Interior | 4 | 1,763 | 0,790 | 0,689 | 0,960 | 0,790 |
| 7 | Interior | 2 | 2,000 | 0,846 | 0,681 | 1,153 | 1,050 |
| 8 | Interior | 2 | 1,896 | 0,836 | 0,686 | 1,087 | 0,850 |
| 9 | Interior | 2 | 1,846 | 0,844 | 0,627 | 0,976 | 0,827 |
| 10 | Interior | 1 | 1,611 | 0,858 | 0,682 | 0,943 | 0,857 |

de madera colocados en el suelo, mientras que los operarios arrastraban los sillares empujando o tirando de ellos con cuerdas asidas a los mismos, lo que permitía la ubicación de estos bloques en las hiladas inferiores. (Adam [1984] 2011, 44-45).

El problema radicaba en las hileras superiores, cuando tenían que elevar las cargas a una altura diferente a la del plano de trabajo inferior. Para la ejecución de estas piezas había que recurrir a los aparatos o máquinas de elevación de la época.

Podemos tomar como ejemplo para nuestra hipótesis el sillar más voluminoso de representados en el levantamiento, el número 5, ubicado en la tercera hilada de sillares, a una altura de 1,40 m. Tiene un volumen hipotético de 1,080 metros cúbicos, y teniendo en cuenta que el material de construcción que se empleaba era la calcarenita, con una densidad de 2,2 g/$cm^3$, se estima que su peso sería de 2370 kilogramos.

Podemos usar como referencia el libro X del tratado De Architectura de Vitruvio, donde se detalla el uso de tres grandes tipos de máquinas de tracción para elevación de cargas: la cabria de polipasto simple y cabestrante, la cabria de doble palanca y tambor y el mástil de triple polipasto. El principio físico de funcionamiento de estas máquinas lo podemos encontrar en el libro III de la Mecánica de Herón, escrita en el siglo I d.C. Al ser un tratado puramente teórico, tenemos que recurrir a las interpretaciones de otros autores del texto vitruviano. En este aspecto, el estudio más completo es el de Fleury (1993). Siguiendo este texto y analizando las diferentes variables que influirían en la elevación de los sillares, podemos plantear una hipótesis acerca de los medios de elevación empleados en la muralla púnica de Cartagena (ver Calvo et al. 2020 para la aplicación de estos métodos a otro ejemplo de construcción romana).

## La resistencia de las cuerdas

Con lo expuesto anteriormente, tanto las armaduras o estructura de la máquina como los demás elementos que la componen se podían sobredimensionar o adaptar sus tamaños en función de la carga que necesitasen que levantar. No obstante, el problema se encontraba en las cuerdas de izado, siendo estas el elemento más endeble de todo el conjunto. Podemos suponer, basándonos en los tratados que se conservan, ya que no se han encontrado en esta muralla restos arqueológicos de los componentes de las máquinas, que el material utilizado fue el cáñamo. No obstante, y dada la ubicación de la muralla púnica en la actual Cartagena, hay que plantear la hipótesis de que el material empleado en las cuerdas fuese esparto (*Stipa tenacissima*). En el entorno de la ciudad se ubicaba el denominado *Campus Spartarius,* una amplia superficie donde abundaba esta especie arbustiva herbácea compuesta de fibras vegetales obtenidas de

la planta atocha (Plinio, NH, 19, 30; Díaz Ordóñez 2006; Bañón, 2010). Este material, una vez conformado en cuerdas, se utilizó en diversos ámbitos como la caza, la cordelería naval y probablemente en el transporte e izado de materiales. No obstante, como no se ha podido constatar la presencia de este material en el tramo de muralla, vamos a seguir tomando como referencia para los cálculos el uso de una cuerda de cáñamo.

Para un cable de cáñamo de 2 centímetros de grosor, la resistencia que podría llegar a desarrollar estaría en torno a 500 kilogramos, aumentando de forma considerable a 2.000 kg si doblamos el grosor de la cuerda a 4 cm. (Adam [1984] 2011, 49). No obstante, el diámetro del cable venia condicionado por el tipo de polipasto y aparejo de elevación que se utilizase, por lo que con frecuencia se optaba por doblar el número de poleas de los polipastos y de cuerdas y reducir el grosor de éstas.

Basándonos en una de las pocas pruebas arqueológicas que se han podido obtener, una pieza encontrada en el puerto de Kenchreai (Grecia), permite ubicar dentro de sus poleas una cuerda de un diámetro de 30 milímetros de grosor (Fleury 1993, 122). Teniendo en cuenta las hipótesis anteriores, se calcula una cuerda de 30 mm de diámetro puede resistir un peso de alrededor de 1.125 kilogramos.

## La fuerza motriz y su multiplicación

Suponemos que una persona de robustez media podría llegar a mover 15 kilogramos de peso, asumiendo las carencias propias de los hombres de la época. No parece realista tener en cuenta que en ocasiones puntuales, esta fuerza podría llegar hasta los 20-25 kilogramos, debido al gran número de sillares; por tanto, para el cálculo de la fuerza motriz vamos a suponer una fuerza teórica media ejercida por el operario de 15 kilogramos.

Conseguir una mayor desmultiplicación de la fuerza depende del número de poleas que coloquemos en su conjunto del polipasto. Habría que tener en cuenta el modo de aplicación de la fuerza impulsora, ya fuese una máquina de cabestrante vertical u horizontal, del número de palancas o de brazos de que se componga el sistema o del tamaño de la rueda de ardilla que estuviese colocada en el eje del cabestrante. Por eso, tenemos que analizar los tres casos por separado:

> Un cabestrante colocado en el eje horizontal en la parte inferior de la máquina con un radio estimado de 7,5 centímetros al que se le colocan unas palancas de 75 centímetros de tamaño y que es girado por cuatro hombres, se estima una potencia teórica de 75 / 7.5 x 4 x 15 = 600 kilogramos. (fuerza motriz estimada de una persona de la época en 15 kilogramos de peso teórico).
>
> Colocando el cabestrante vertical o *ergata* en la parte trasera de la máquina y con un eje de giro de 15 cm de grosor del que salen unos brazos cuyo punto de aplicación de la fuerza de ocho hombres se sitúa a 150 cm del eje, la potencia teórica de esta máquina se calcularía tal que 150/15 x 8 x 15 = 1.200 kg.
>
> Para una rueda de ardilla 200 cm de radio situada en el eje de un cabestrante de 15 cm de radio y que es accionada por cinco operarios en su interior, la potencia teórica sería 200/15 x 5 x 60 = 4.000 kg.

La hipótesis de estos cálculos esta realizada sin tener en cuenta ningún tipo de polipasto con conjuntos de poleas en el extremo superior de la máquina y sin tener en cuenta el factor que la fricción pudiese generar tanto en las poleas como en los ejes de los cabestrantes o de la rueda de ardilla. Si aplicamos este coeficiente de fricción, la pérdida de rendimiento se estima en torno a un 20-25%.

Aplicando estos coeficientes obtenemos para la cabria con polispasto simple y cabestrante horizontal, podemos considerar 600 kg (cabrestante) x 3 (trispastos) - 25% de fricción) = 1350 kg.

Para la cabria con doble polispasto y tambor tendríamos 600 kg (cabrestante) 2 (polispasto) x 10 (tambor multiplicador) = 12.000 kg, en teoría. En este punto debemos tener en cuenta que Vitruvio indica una única cuerda desde el eje del tambor hasta la *ergata* o cabestrante vertical situado en la parte trasera de la máquina y dos cuerdas situadas en el cabestrante horizontal donde se ubica el tambor que son las que enlazan con el aparejo de elevación situado en la parte superior de la máquina, debemos limitar esta potencia en la práctica a 2.000 kg, teniendo en cuenta la capacidad de resistencia de las cuerdas, lo que nos lleva a 2.000 kg x 3 (tripastos) - 25% (fricción) = 4.500 kg.

En el mástil simple con polipasto triple, para un cálculo de diez hombres empujando del cable de tracción obtendríamos una potencia de 150 x 3 = 450 kg. En este tipo de máquina, al ser el tiro directo de

la cuerda al polipasto, la fricción se reduce y la estimamos en un 20%. Así pues, para 450 kg x 6 (*hexaspastos*) – 20% = 2.160 kg.

El siguiente factor a tener en cuenta serían los maderos que conforman la estructura en forma V invertida de la máquina. Dado que no se han podido localizar hasta el momento restos arqueológicos que nos permitan conocer de primer orden la clase de madera empleada, planteamos la hipótesis de que el material utilizado tendría que haber sido extraído de los yacimientos forestales cercanos a Quart-Hadasht. En esta línea, aunque cronológicamente separados (finales del siglo I a.C.), tomamos como referencia las muestras antrocológicas de materiales de construcción empleados en el Teatro Romano de Cartago Nova (García Martínez, 2009, 447-452) del tipo de madera empleado en sus elementos constructivos, aunque en este caso las correspondientes maderas debieron ser utilizadas en la tarima de la *frons pulpiti* y en las vigas de cubrición de las habitaciones contiguas a la *scaenae frons*.

La madera analizada por las muestras obtenidas en el Teatro Romano de *Carthago Nova* pudo tener dos posibles procedencias. Por un lado, los maderos procedentes de los troncos de árboles autóctonos de la zona como el pino carrasco (*Pinus halepensis),* muy abundante por la zona, aunque de difícil aplicación por presentar una escasa resistencia a los grandes esfuerzos y la limitación en la longitud de las piezas; o enebros y sabinas, de mayor resistencia y calidad con el mismo inconveniente de la longitud escasa que ofrecen de sus troncos.

En el mismo sentido, se han hallado muestras de madera de abeto común (*Abies alba*), que por sus características fisicoquímicas y su rigidez natural sí que nos podría otorgar la resistencia y la longitud que necesitaríamos en las máquinas de elevación, llegando a medir algunos árboles de esta especie más de 30 metros e incluso 50 metros de longitud en algunos ejemplares (López González, 2001). No obstante, el problema que presenta esta especie es que no crece en sierras de poca altitud, que eran las predominantes en el territorio cercano a Carthago Nova en la época estudiada (siglo I a.C.), por lo que se tuvieron que transportar desde formaciones de gran altitud como los Alpes, Jura, Cárpatos, la Selva Negra, los Apeninos, Macedonia o Córcega (García Martínez 2009, 450).

Es, por tanto, que incluso si no hubiesen podido extraer el material de las zonas forestales cercanas, podemos tener el precedente romano no mucho tiempo después, que el transporte de madera desde otros puntos del mapa hubiese sido posible.

El último aspecto a tener en cuenta es la forma de sujeción del aparejo de elevación al sillar. Continuando con el análisis planteado por Adam, en lo referente al levantamiento de los bloques (Adam 1984, 49-53), el autor plantea la solución del izado mediante las eslingas o ligaduras, lazos de cuerda simples que abrazaban el sillar; o los tiros o bragas, consistentes en lazos de cuerda, pero con el nudo cerrado que se sujetaban al aparejo de elevación de la máquina mediante ganchos. Este sistema presentaba el inconveniente de que una, vez colocada la pieza en su sitio, había que liberarlas de dichas cuerdas, por lo que los operarios tenían que realizar palanca con otras herramientas para poder retirar la cuerda de la cara inferior de la piedra una vez apoyada.

Ya los griegos, para salvar esta problemática, idearon diferentes sistemas para la sujeción de las piedras durante su izado. Sus procedimientos se desarrollaron mediante cuatro mecanismos: las espigas de angarillas o *tetones (ancones),* los canales laterales, los canales superiores y las clavijas o *castañuelas.* Además de estos sistemas, posteriormente los romanos introdujeron el uso de las *tenazas* de hierro *(ferrei forfices)*.

## Conclusiones

Vista y analizada la capacidad de cada tipo de máquina podemos proponer la hipótesis más plausible de cómo se levantaron los sillares que conforman la muralla en todos sus trazados. Además, si tenemos en cuenta que la máquina que podía obtener mayor potencia era la formada por un tambor en el eje del cabestrante horizontal, y si a esta además le multiplicamos los cables de tracción y le colocamos un polipasto con 6 niveles de poleas la potencia de la máquina se aumenta exponencialmente. De tal modo, para un cabestrante con dos cables de tracción hemos estimado su potencia en 1.200 kilogramos anteriormente. Si triplicamos el número de cables a cada lado del tambor, es decir tres cables de tracción a cada lado, la potencia de la máquina aumenta hasta los 6.000 kilogramos de peso. No obstante, tomando como ejemplo más simple la cabria con doble polipasto y tambor analizada anteriormente, el peso teó-

rico que podría levantar incluyendo el coeficiente de fricción lo hemos estimado en 4.500 kilogramos (4,5 toneladas), por lo que con este tipo de máquina quedaría solventada cualquier complicación en cuanto al levantamiento de sillares se refiere. Por tanto, en la muralla se pudo emplear bien un cabestrante con varios cables de tracción o bien una cabria con in tambor y doble polispasto; la rueda de ardilla sería innecesaria, por lo que su uso parece improbable.

Otra hipótesis planteada es el material con el que se construyó la estructura del conjunto de la máquina. Tomando como referencia que la cota más alta que pudo tener la muralla se situaría en torno a los 10 metros (almenas de la hilada superior) y teniendo en cuenta que la cabria tenía forma de V invertida, unidos los maderos en la parte superior y separados en su base, estimamos que un madero de esta máquina debía tener en torno a los 12 metros de longitud. La única especie de las expuestas en el apartado anterior que nos ofrecería tanto la resistencia como la longitud precisada sería el abeto común (*Abies alba),* aunque como mencionábamos anteriormente tuvo que se traído desde tierras lejanas a Quart-Hadasht, por lo que no hay descartar la búsqueda de otras especies de mayor porte en sierras algo más alejadas, tales como el *Pinus pinea*. No obstante, si tomamos como referencia la máquina que aparece en la figura 4, los maderos pudieron tener dimensiones más reducidas y ensamblarse varios tramos consecutivos de maderos a lo largo de la estructura, pudiendo ser reforzadas en sus tramos intermedios mediante piezas horizontales que garantizarían la rigidez del conjunto, por lo que podemos plantear la hipótesis también del uso del enebro (*Juniperus communis*) y solventar el problema del transporte del material con el uso de árboles autóctonos de la zona.

Referente al sistema de sujeción de los sillares durante su izado, y analizadas las muestras que se han conservado en el tramo de muralla, podemos descartar tanto el uso de sistema de tenazas como el de castañuelas (ver Calvo 2006; Martines 2016; Peroni 2016), ya que no se han encontrado orificios ni en las testas superiores ni en las laterales de estos en las cuales introducir y sujetar estos aparejos. Si que se puede plantear la hipótesis más probable del uso de las espigas de angarillas: salientes que se dejaban sin labrar en los bloques de piedra madre tanto en la cara visible como en la cara posterior para anudar ahí las cuerdas de izado y tener así un elemento que garantizase el agarre. Se procuraba que tuviesen continuidad en todo el eje del elemento a levantar, con el fin de mantener la línea de espigas lo más vertical posible. Así pues, una vez levantada y colocada en su ubicación final, se procedía a su posterior labrado y acabado de la pieza. También se pudieron utilizar en menor medida los canales en U o V practicados en las caras no visibles de los bloques, las que se colocaban cara con cara yuxtapuestos con la pieza contigua en la misma hilada, y la que se hacían pasar la cuerda de agarre. No obstante, tras el análisis de las muestras conservadas no se observa en ninguno de los sillares del tramo de muralla analizado este tipo de labra. Hay que tener en cuenta que la muralla pudo estar recubierta mediante un enlucido de color blanco según los restos conservados en algunos de sus bloques. Aunque en un principio este revoque pudo ser meramente estético y para dotarlos de resistencia frente a las inclemencias meteorológicas, algunas hipótesis plantean que se pudo utilizar además con el fin de ocultar las imperfecciones resultantes de la labra de la piedra (Marín Baño, 1997, 126), por lo que quizá el método planteado de las espigas se ajuste aún más a la realidad de su construcción.

Y, por último, hemos tomado como material para la fabricación de las cuerdas el cáñamo, ya que, si bien el esparto era un material más que abundante en la zona, al no encontrarse vestigios arqueológicos y no haberse podido determinar su resistencia a la tracción, se ha seguido con el planeamiento del cáñamo como material principal al tener más evidencias y referencias literarias sobre su capacidad física y empleo en este tipo de maquinaria.

## Agradecimientos

Los autores quieren manifestar su agradecimiento a Cartagena Puerto de Culturas, y en particular a Marisol Perez Bolumar, por las facilidades dadas para el acceso y estudio de los restos arqueológicos. Este trabajo se enmarca en el proyecto de investigación «Geometría y construcción en piedra de cantería en el ámbito romano y altomedieval. Análisis de piezas singulares en el mundo mediterráneo» (20996/PI/2018) financiado por la Fundación Séneca. Agencia Regional de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia.

## Lista de referencias


Adam, Jean Pierre. [1984] 2011. *La construction Romaine, materiaux et tecniques*. Paris: Picard.

Bañón Cifuentes, María del Carmen. 2010. *El campus spartarius romano: ¿una herencia púnica administrada por Roma?* Albacete: Instituto de Estudios Albacetenses «Don Juan Manuel».

Bendala Galán, Manuel y Juan Blánquez-Pérez. 2002-2003. Arquitectura militar púnico-helenística en Hispania. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad Autónoma de Madrid* 29: 145-160.

Calvo-López, José. 2006. Sixteenth-Century Spanish Cranes and Lázaro de Velasco's Translation of Vitruvius. En *Proceedings of the Second International Congress on Construction History*, editado por M. Dunkeld, et al., 493-507. Cambridge: Construction History Society.

Calvo-López, José; Giulia Piccinin; Pau Natividad-Vivó y Alessio Bortot. 2020. The Roman Ashlar Groin Vault at Grotta dei Massacci. *Nexus Network Journal* 22 (4): 1015-1029.

Díaz Ordóñez, Manuel. 2006. El empleo del esparto en la cordelería naval española desde la Antuguedad hasta el siglo XVIII. *Tiempos modernos: Revista electrónica de Historia Moderna* 5 (14).

Fleury, Philippe. 1993. *La mécanique de Vitruve*. Caen: Presses Universitaires de Caen.

García Martínez, María Soledad. 2009. «Recursos forestales en un medio semiárido. Nuevos datos antracológicos para la Región de Murcia desde la Edad del Bronce hasta época medieval». Tesis doctoral, Universidad de Murcia.

López González, Ginés. 2001. *Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares (Especies silvestres y las principales cultivadas)*. Madrid-Barcelona-México: Mundi-Prensa.

Marín Baño, Carmen 1997. Un modelo estratigráfico de la Cartagena púnica: la muralla de Qart-Hadast. *Anales de Prehistoria y Arqueología* 13-14: 121-140.

Martines, Giangiacomo. 2016. Le olivele di Erone. En *I Tracciati di cantiere: disegni esecutivi per la trasmissione e diffusione delle conoscenze tecniche*, editado por C. Inglese y A. Pizzo, 154-158. Roma: Gangemi.

Peroni, Marco. 2016. Valutazione sul peso sollevabile mediante 'olivella'. En *I Tracciati di cantiere: disegni esecutivi per la trasmissione e diffusione delle conoscenze tecniche*, editado por C. Inglese y A. Pizzo, 166-169. Roma: Gangemi.

Ramallo Asensio, Sebastián Federico. 2019. Problemas en torno a la conquista de Qart Hadasht por Escipión. Nuevos datos desde la geoarqueología. En *Accampamenti, guarnigioni e assedi durante la Seconda Guerra Punica e la conquista romana (secoli III-I a.C.): prospettive archeologiche*, editado por B. Vallori Márquez; C. Rueda Galán y J. P. Bellón Ruiz, 9-28. Roma: Quasar.

Ramallo Asensio, Sebastián Federico y Rafael Arana Castillo. 1987. *Canteras romanas de Carthago Nova y alrededores (Hispania Citerior)*. Murcia: Universidad de Murcia.

Ramallo Asensio, Sebastián Federico y Miguel Martín Camino. 2015. Qart-Hadast en el marco de la Segunda Guerra Púnica. En *La Segunda Guerra Púnica en la península ibérica. Baecula: arqueología de una batalla*, editado por J. P. Bellón Ruiz, et al., 129-162. Jaén: Universidad de Jaén.

# El fuerte de Castil León: el testimonio de los documentos

José Manuel Pañeda Ruiz

Seguramente la heroica defensa y posterior caída del fuerte español construido en Crozon en 1594 sea uno de los hechos de armas más conocidos de la campaña bretona de Felipe II. Sin embargo, poco se sabe de esta fortificación, quizá porque el terreno ya no muestra rastro alguno de esta construcción. Así, que el presente trabajo se ha realizado para intentar profundizar en el estudio de este patrimonio defensivo, y dicho estudio se ha llevado a cabo a través del análisis de diversas fuentes documentales. Para poder conocer estos restos materiales, se puede recurrir a diversas vías, como la arqueología, pero en este caso la ausencia de restos debido a la destrucción de la estructura, y la imposibilidad de realizar cualquier trabajo de campo, abren el camino para el uso de las fuentes documentales como herramienta que puede aportar gran cantidad de información sobre esta construcción.

Por tanto, la finalidad de este trabajo se centra en intentar dar respuesta a alguna de las cuestiones que se plantean a continuación. ¿Por qué se eligió ese emplazamiento para la construcción en concreto y no otro?, a ¿qué tipología pertenecía el fuerte de Crozon?, o ¿qué tipo de técnicas y materiales se utilizaron en su construcción?

Se conoce bien la historia del asedio y posterior derrota de los defensores, hay numerosas crónicas y relatos sobre dicho acontecimiento; incluso un diario de John Norreys[1], el jefe de las tropas inglesas en Bretaña, que sirve como fuente de información para algunos detalles del fuerte. Pero para la elaboración del presente texto se han consultado principalmente los fondos documentales pertenecientes al Archivo General de Simancas, y más concretamente a las series de Estado y Guerra Antigua. Finalmente, hay otra fuente que se considera novedosa en el estudio del fuerte de Castil León, y son los planos de la época que pueden aportar datos olvidados hasta el momento.

Desde una perspectiva metodológica, tras la consulta de dichos fondos, se ha procedido a un detallado análisis de los mismos, así como la comparación con los datos obtenidos en los documentos coetáneos a los hechos. Después de ese estudio, se ha estructurado el trabajo en tres partes. En la primera de ellas, se hace una breve reseña de la topografía del emplazamiento del antiguo fuerte; seguidamente en la segunda parte, se describe la técnica constructiva y los materiales empleados, sin olvidarse de las herramientas y los trabajadores implicados en su construcción. Finalizando con un capítulo dedicado al asedio y posterior destrucción de la fortificación.

Quizá este trabajo pueda aportar algo de luz a unos restos olvidados, que todavía presentan numerosas sombras cinco siglos después.

## La península de Crozon

Tal vez sea la fortificación el empleo más antiguo del hombre. Desde los comienzos de su existencia sintió la necesidad de guardarse de los múltiples peligros que le acechaban y que mejor forma que buscar lugares poco accesibles y perfeccionarlos con diversos métodos para su mejor defensa y seguridad. Uno de los elementos que tiene más importancia no solo en los trabajos de fortificación, sino en todos los hechos bélicos, es el terreno. A pesar de ser un elemento pasivo, influye en todas las fases del combate, de ahí el gran valor que tenía la correcta elección del terreno para la construcción de las defensas.

En el caso que nos ocupa la acción se desarrolló en la Bretaña francesa, más concretamente en las costas próximas al puerto de Brest, en la llamada península de Crozon. De ella, separada como un largo brazo, está la península de Quélern, la cual se orienta hacia el noreste apuntando directamente hacia la ciudad de Brest. Su costa está formada por acantilados altos y escalonados, inaccesibles desde la orilla. La península presenta numerosas líneas de falla, estando el futuro emplazamiento en el sector al sur de la falla de Elorn, con formaciones de esquistos y cuarcitas, pertenecientes al Devónico inferior (Cagnard 2008, 30-33). Desde lo alto de los acantilados, se tenía un excelente control de casi toda la superficie del puerto y toda la costa montañosa de enfrente, desde el Minou hasta la desembocadura del río Landerneau (figura 1).

Así, que se puede decir que en este caso la elección del terreno no parece fruto del azar, por un lado, el elemento de control del territorio circundante queda perfectamente definido con la estratégica posición que ocupaba dicha fortificación, mientras que la topografía de la zona, una explanada rodeada de altos acantilados con un único acceso, facilitaba en gran medida la defensa de la misma.

## El fuerte de Castil León

Los orígenes de la construcción del fuerte de Castil León se remontan a mediados de octubre de 1590, en

Figura 1
Situación, planta y perfil longitudinal del Salto de Moncabril. Torán Peláez 1959

aquellas fechas las tropas españolas del maestre de campo D. Juan del Águila eran unas recién llegadas a Bretaña, pero desde aquel mismo momento el propio D. Juan intentaba convencer a Felipe II para capturar el puerto de Brest y de esta manera establecer una base de operaciones desde donde llevar a cabo un nuevo intento de invasión de Inglaterra[2]. Sin embargo, la falta de medios suponía un problema para la realización de dicha campaña; esto no fue obstáculo para que el día 11 de septiembre de 1591 la pequeña fuerza de galeras que estaba apoyando a las fuerzas españolas, llegara al puerto de Brest llevando a bordo al ingeniero Cristóbal de Rojas, el cual realizó la inspección de este, así como un reconocimiento de una pequeña península a la entrada del puerto, donde aprecia la gran importancia de Brest como una posible base de operaciones para futuras campañas[3]. Pero, no sería hasta diciembre de 1593 cuando D. Juan del Águila recibió la orden del monarca español para llevar a cabo la captura de Brest (Vázquez de Prada 1998, 931), iniciando su avance por la costa, llegando a la península de Crozon a finales del mes de marzo de 1594, donde se comenzó la construcción de un fuerte en la roca acantilada situada en el extremo de dicha península.

## La construcción

Ya se ha indicado la importancia que tenía la elección del sitio para la construcción de la obra defensiva, de hecho, Cristobal de Rojas que tenía la dirección de los trabajos, considera este punto fundamental para los ingenieros militares, indicando en su obra que esto es difícil de aprender a no ser que «el tal Ingeniero no huviere estado en la guerra» (Rojas 1598, 3), dejando constancia de esa manera de la importancia de su papel como constructor de fortalezas, ya que él tenía esa experiencia tanto como militar y bélica.

Una vez seleccionado el emplazamiento y se conocían las características del terreno, se procedía al inicio de las obras, siguiendo para ello el diseño o traza previamente establecido. El proceso de construcción de una fortificación seguía una serie de fases: la cimentación, la elaboración de los terraplenes y la edificación de la camisa o muro. Respecto a la traza del fuerte, Rojas escribió una carta el 29 de abril donde explicaba el diseño de la misma[4], Rojas justifica el desarrollo de su traza del fuerte en base al ángulo de los baluartes. Según él, los ángulos de los baluartes son muy agudos con relación a lo que la teoría de fortificación de la época indicaba, sin embargo, insiste en que la traza se tuvo que fabricar así al tener que adaptarse al terreno. Además, afirma que un buen ingeniero se tiene que adaptar al terreno y al enemigo, por lo que los ángulos agudos de Castil León son los más adecuados a ambos aspectos. En su escrito Rojas se defiende con energía ante el rey de posibles críticas de los que él denomina como «ingenieros pintores», llegando incluso a aconsejar al monarca para que «advirtiera V.M. a esos pintores, que es muy diferente pintar un fuerte en papel que acomodarlo conforme al terreno y conforme a las inteligencias militares»[5].

Para la cimentación se tenía que conocer la naturaleza del terreno donde se iba a asentar la fortaleza, en el caso que nos ocupa, ya se citó como la superficie de la península de Quélern estaba formada por esquistos y cuarcitas, materiales que si bien proporcionaban una buena consistencia eran difíciles de trabajar, por lo que los trabajos de cimentación se limitaban en este caso a nivelar y limpiar la roca en todo el perímetro de la construcción.

El siguiente paso era el levantamiento de los muros defensivos, en aquellos años ya se había visto que los muros de piedra de las antiguas murallas medievales resistían mal el impacto de los proyectiles de la artillería de la época, siendo sustituidas dichas murallas por obras de tierra, terraplenes (Díaz 2004, 84). Rojas en su tratado muestra su predisposición por los terraplenes reforzados con fajinas, ya que en estos los trabajos de minado eran más difíciles que en aquellos de tierra sola. También indicaba que los disparos de la artillería eran menos eficaces en los terraplenes con fajinas, siendo además más rápido de construir, ya que las tierras se sustentaban mejor debido a la presencia de las fajinas. Concluyendo Rojas diciendo que el terraplén con fajinas era «la verdadera fábrica para la guerra, y resistencia de la artillería» (Rojas 1598, 52).

Sin embargo, la escasa cubierta vegetal y de tierra de la pedregosa punta no proporcionó los materiales suficientes para la construcción del fuerte, por lo que se tuvo que recurrir a la población local para que colaborasen en el acarreo de dichos materiales (Waquet 1937, 7). A pesar de estas dificultades, Rojas y todos los hombres disponibles para la construcción finalizaron el cuerpo del fuerte en el increíble plazo de 26

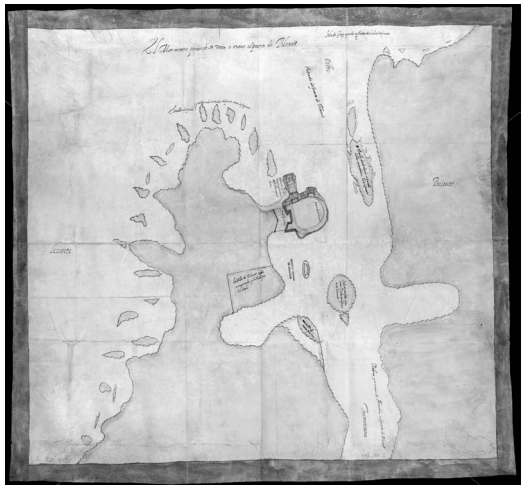


Figura 2
La bahía de Blavet y su fuerte, mapa realizado por Cristóbal de Rojas, donde se puede apreciar el empleo de la nueva traza con dos medios baluartes, siendo una de las escasas fortificaciones modernas construidas en Bretaña en aquella época. Probablemente la traza del fuerte de Castil León fuese similar al de Blavet. (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Archivo General de Simancas, AGS/Estado, Serie K, Legajo 1580, nº 25, MPD-56-002)

días, después de finalizar los trabajos Rojas escribió una carta el 29 de abril de 1594, donde además de describir la ya citada traza, informaba que el fuerte ya estaba artillado y había sido abastecido de municiones y pertrechos. Además, en dicho escrito adjuntaba los planos de la planta con las medidas y el perfil que había trazado, los cuales no se han podido localizar, impidiendo conocer la verdadera forma de esta fortificación.

No obstante, se cuenta con varias descripciones que pueden ayudar a definir la estructura defensiva; así, Enrico Caterino Davila en su *Historia de las guerras civiles de Francia* escribe lo siguiente «aquí avían alzado los baluartes en forma de tenaza, y en medio dellos caía la puerta con su puente levadizo, foso, y contraescarpa, todo bien trazado, aunque no reducido a perfección y defensa» (Caterino 1675, 533). Esta descripción es bastante similar a la del fuerte de Blavet, también construido por las tropas españolas en Bretaña, y del cual se dispone un plano trazado por el propio Cristobal de Rojas (figura 2).

Sorprendentemente son unos documentos prácticamente desconocidos los que aportan una información importante sobre esta fortificación. Se trata de los planos que realizó John Norreys durante el asedio a esta defensa, la importancia de los mismos se debe a que fueron realizados y utilizados durante la propia campaña militar (Jones 1997, 27). Además, si se analizan conjuntamente con los relatos escritos permiten incrementar el conocimiento sobre el fuerte de Crozon, su trazado, la disposición de las piezas artilleras o las dimensiones del mismo. Por ejemplo, el prime-

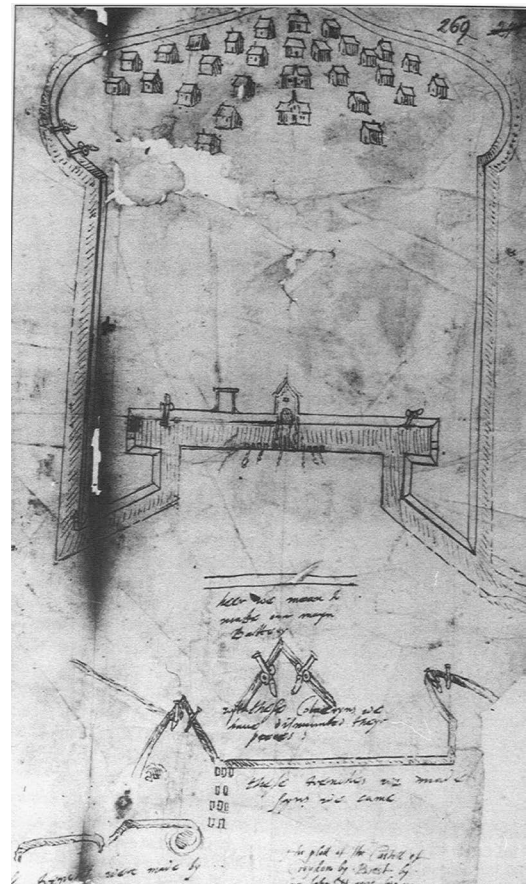


Figura 3
Boceto del fuerte de Crozon realizado por John Norreys en octubre de 1594. Se pueden observar los dos medios baluartes en ambos extremos de la construcción, y el gran parecido que tienen con aquellos realizados por Rojas en el plano del fuerte de Blavet. (Jones 1997)

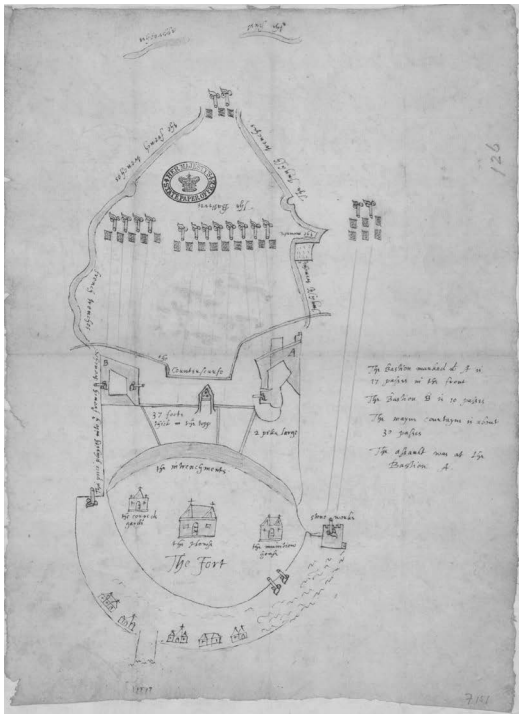



Figura 4
Croquis del fuerte de Castil León realizado por John Norreys el 23 de octubre de 1594, donde se pueden observar los elementos más importantes del mismo. En la parte superior están representadas las baterías de los sitiadores, mientras que las notas a la derecha del plano indican las dimensiones de los baluartes. (The National Archives, MPF 1-151)

ro de estos planos, realizado el 5 de octubre de 1594, un sencillo boceto a pluma y tinta proporciona un detallado esquema del fuerte, donde se pueden apreciar los medios baluartes, la sólida cortina y la situación de la puerta principal (fig. 3). Si a esta ilustración se le suma la información del ya citado diario de Norreys, se puede saber que el bastión occidental tenía 17 pasos de frente, mientras que el oriental medía 10 pasos, o que la cortina situada entre ambos tenía 37 pies de espesor en su parte superior[6].

El segundo de los planos está datado el 23 de octubre del mismo año, y presenta una disposición de las defensas similar al anterior plano descrito, aunque este último muestra la disposición de la artillería durante el asedio (fig. 4). Tiene hechas anotaciones que son bastante coherentes con las cifras del diario de Norreys, como las dimensiones de los baluartes o de la cortina. Aunque también hay algunas diferencias entre ambos dibujos, ya que el primero muestra un gran número de construcciones o tiendas de campaña agrupadas hacia el extremo costero de la península, mientras que en el segundo solo se muestran tres edificios dentro del mismo: un cuerpo de guardia, una casa y el polvorín.

Todos estos documentos muestran que la última etapa constructiva, la instalación de la camisa o muro de piedra o ladrillo no se llegó a realizar. Aprovechando las tropas los meses de mayo y junio para la apertura de los fosos, los barracones de madera para el alojamiento y el comienzo de las obras del polvorín.

Una vez finalizadas esas obras las tropas de D. Juan del Águila regresaron a Blavet al igual que Cristobal de Rojas, quedando en el bautizado fuerte de Castil León, por denominarse esa zona Pays du León, una guarnición de 401 hombres bajo el mando del capitán Tomé de Paredes.

## Los materiales

En la construcción de las fortificaciones los ingenieros tenían que tener en cuenta dos premisas fundamentales; la primera, que sus obras fuesen lo más resistentes a los impactos de la artillería, por ello sus conocimientos de los materiales de construcción eran puestos a prueba con cada una de las defensas que levantaban, pero aquí entraba en juego la segunda regla, la limitación de los presupuestos disponibles tanto para los materiales como para la mano de obra.

Generalmente era este último condicionante el que priorizaba los materiales locales siempre que fuera posible. En el caso que nos ocupa estos materiales eran: la cal, la arena, la piedra y el ladrillo, como elementos básicos; aunque también se utilizaba la madera y el hierro, pero en menor medida (Díaz 2004, 89-91).

La cal como el propio Rojas indicaba en su obra se obtenía de diferentes rocas, aunque no todas la daban de la misma calidad. Este material será uno de los mayores problemas a los que se enfrentaron los constructores españoles en Bretaña, ya que como hacían constar en sus escritos en la zona no había roca caliza y la poca cal que se hacía era de conchas marinas[7]. Como una medida tanto para incrementar la producción de cal como para abaratar los costes que ocasio-

naba el envío en los barcos de la cal hasta Bretaña, el maestre de campo Del Águila propuso que los buques que saliesen del puerto de Santander llevasen por lastre piedra caliza, junto con dos hombres que sepan hacer la cal, los cuales enseñarían a sus soldados, siendo él responsable de fabricar los hornos y proporcionar la leña[8].

En lo que respecta al fuerte de Crozon esas peticiones de cal eran si cabe más necesarias debido al carácter de temporalidad de las defensas y la necesidad de perfeccionar dichas obras[9]. Así, los documentos muestran como a primeros del mes de mayo de 1594 se solicitaban más de mill cahizes[10] de cal para el fuerte de Castil León[11], sin embargo, esta petición no sería respondida por el Consejo de Guerra hasta el mes de julio[12], con los consiguientes retrasos en los trabajos de fortificación.

La arena es otro de los materiales de construcción necesarios para realizar el mortero junto la cal y el agua. Según su origen hay diferentes tipos de arena, y por ello se recomendaba utilizar la que fuera buena, Rojas consideraba como tal la que hacía ruido al restregarla entre las manos. Siendo preferible la arena procedente de las canteras a la de río, y esta mejor que la arena de mar debido al salitre (Rojas 1598, 89). La ausencia de este material en los documentos puede indicar un origen local, bien en los lechos de los ríos o en alguna de las numerosas playas de la zona.

El siguiente de los materiales empleados es la piedra, y esta presenta múltiples variedades en cuanto a dureza, color, calidad, etc., las cuales se empleaban en distintas funciones según esas características. El origen de las piedras solía ser de canteras próximas a los tajos, como se indica en una carta de Juan del Águila a Felipe II, donde el maestre de campo expone como sacaban la piedra del foso para la camisa de la muralla del fuerte de Blavet; aunque también podían aprovechar sillares de construcciones cercanas, como se cita en el mismo documento, cuando indica que las piedras labradas las recogía de las casas derribadas de Blavet[13]. Sin embargo, no se ha encontrado entre las diferentes fuentes consultadas ninguna referencia a estos materiales para el fuerte de Castil León, lo que no quiere decir que no se realizara algún tipo de obra de cantería en el mismo.

Sin embargo, sí se tienen muestras documentales del uso de ladrillos en el fuerte de Crozon. Y nuevamente la petición de este material se realiza a España en lugar de comprar estos elementos en la zona; la relación del pedido indica como se solicitaba el envío de más de veinte mil ladrillos para construir las bóvedas del polvorín[14]. No obstante, no hay ninguna fuente posterior que describa alguna estructura realizada con estos materiales.

Además de los materiales anteriormente citados, también se empleaban la madera y el hierro, aunque en menor medida. La primera, se utilizaba principalmente en la estructura de los edificios, formando parte de la cubierta en vigas, viguetas y otros elementos de los inmuebles. Esto último se pone de manifiesto cuando piden dinero para pagar las tablas para solar los suelos de los barracones en Blavet[15], o seis mil tablones para el fuerte de Castil León. El hierro aparece representado en este caso por la clavazón solicitada también para esta última fortificación, en número de treinta mil clavos[16].

No obstante, el principal condicionante de estas obras defensivas era el económico, durante todos los años de la campaña bretona las peticiones de dinero para materiales y pagas son interminables. Conocedor de la difícil situación de la Hacienda Real, Juan del Águila en un desesperado intento de ahorrar dinero en todos los trabajos de fortificación utilizó para ello a sus propias tropas como mano de obra, como se verá a continuación.

## Trabajadores y herramientas

El empleo tanto de los soldados del propio tercio del maestre de campo como de la chusma de las galeras en los trabajos de fortificación en Bretaña obedece a una serie de factores. El primero de ellos ya se indicó anteriormente y se basaba en la falta de dinero para el pago de las obras, por lo que Juan del Águila recurrió a sus tropas como mano de obra. Otro de los factores era mantener la traza y las instalaciones defensivas en secreto, para lo cual se desaconsejaba el uso de trabajadores locales, los cuales podían ser espías al servicio de las fuerzas enemigas; también la falta de mano de obra cualificada para diversas tareas como la cantería, exigía la contratación de personal en España, a pesar de incrementar los gastos en unas cuentas ya excesivamente sobrecargadas.

Para la obra de Castil León, Juan del Águila se desplazó con todas sus tropas disponibles, algo más

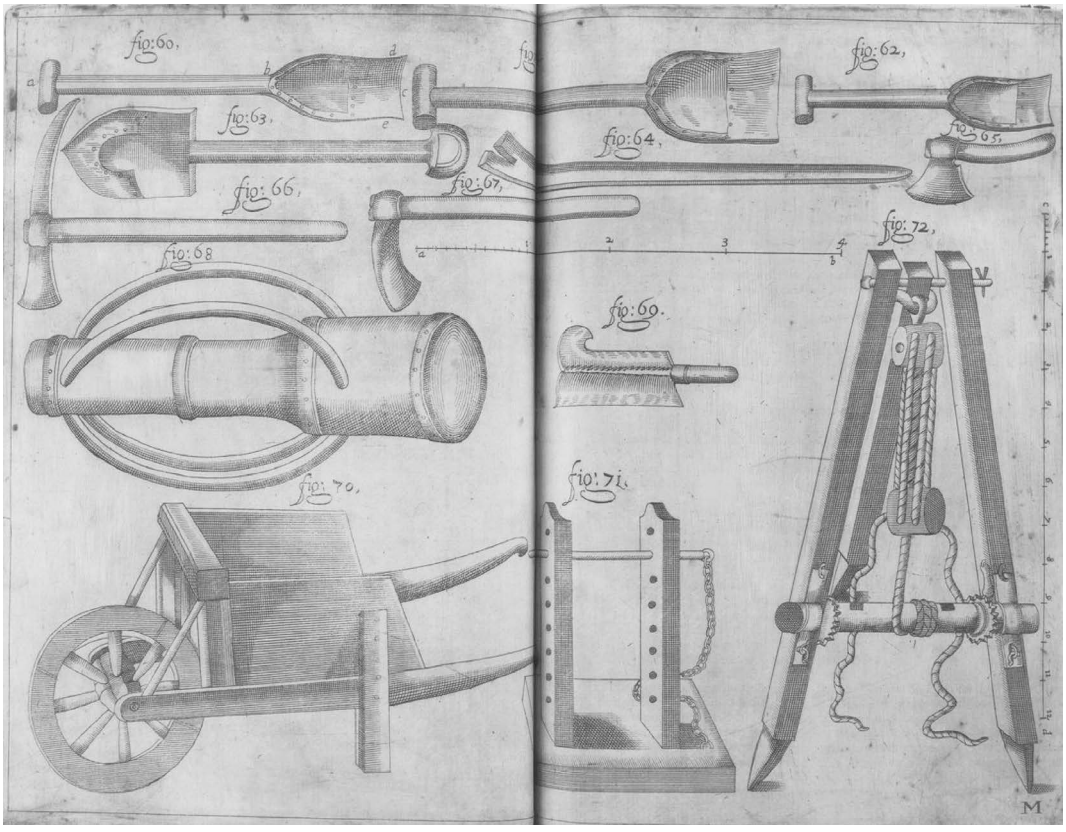



Figura 5
Algunos ejemplos de herramientas utilizadas en las obras de fortificación: la figura 60 muestra una pala empleada para cortar los tepes, el siguiente ejemplar es otra pala, más ancha y curva que la anterior, se usaba en terrenos húmedos, la figura 62 es otra pala de pequeñas dimensiones para trabajos subterráneos, mientras que la última es una pala ordinaria, apta para su uso en tierras más compactas; a continuación aparece representada una pata de cabra y una hachuela; mientras que la figura 66 es un pico, seguido por una azada; el número 68 es un pisón para dos hombres; el siguiente útil es una podadera de dos hojas, una para cortar ramas finas y otra para las más gruesas; se continua con una carretilla, y en el número 71 se muestra un nivel para cañones y finaliza con una máquina para izar pesos. (Fritach 1640)

de cinco mil hombres, hasta la península de Crozon, donde hasta los capitanes participaron en los trabajos, finalizando la estructura principal en unos 26 días. Respecto a los trabajadores cualificados, se solicitaban veinte canteros que supieran asentar la mampostería en dicho fuerte[17], ante la falta de personal cualificado local que entendiera de dicho oficio.

Los documentos de Simancas también permiten conocer las herramientas que se utilizaban en los diferentes trabajos de construcción (fig. 5); así en un escrito enviado desde Bretaña se pedían unas trescientas palas de hierro con un coste de dos maravedís por unidad; doscientas cuñas del mismo material para abrir las piedras del foso del fuerte, a tres maravedís cada una; o doscientos picos azadones, con un precio de mil ducados por unidad; pasando por porras de hierro, palancas o escuadras de hierro para los canteros[18].

## Asedio y destrucción

El 11 de octubre de 1594 las tropas de Enrique IV y sus aliados ingleses y holandeses comienzan el ase-

dio del fuerte de Castil León. El bloqueo era total, tanto por tierra como por mar con la llegada de una escuadra inglesa al mando de Sir Martin Frobisher, sin embargo, el asedio no sería una tarea fácil de llevar a cabo.

Los españoles habían elegido el terreno desde donde presentar batalla, una llanura donde no había lugar para esconderse, además el terreno desnudo y el suelo rocoso dificultan enormemente la excavación de las trincheras, siendo una tarea muy peligrosa para los ingenieros, los cuales se tienen que proteger de los disparos enemigos con gaviones y barriles rellenos de tierra, pero la protección no es completa y muchos de ellos fueron abatidos. Para empeorar su situación, el tiempo tampoco ayuda a los atacantes, la lluvia constante convierte en un barrizal el campo de batalla, empapando a los soldados durante los trabajos y provocando numerosas bajas entre estos.

Si la elección del terreno había sido acertada, no lo había sido menos la traza de la fortificación por Cristóbal de Rojas, quién gracias al diseño de sus baluartes permitía a los defensores un fuego en cualquier dirección en la cual los atacantes intentaran aproximarse al fuerte. Esto obligó a los sitiadores a comenzar sus trabajos de zapa bastante alejados de las defensas españolas para no estar sometidos al fuego de su artillería, en un trabajo típico de asedio comenzaron excavando trincheras en zigzag para ir paulatinamente acercándose a las cortinas del fuerte y poder emplazar su artillería a una distancia adecuada para comenzar el bombardeo de las defensas. Así, a pesar de todas las dificultades los realistas consiguen colocar 14 piezas artilleras, con las cuales comienzan el bombardeo el 2 de noviembre.

Sin embargo, los españoles resistían valerosamente ante un enemigo muy superior[19], realizando varias salidas en las cuales causan numerosas bajas al enemigo, en un ataque los españoles mataron a 12 ingleses y 30 franceses, hiriendo a varios más. El cañoneo del fuerte no produce los efectos esperados por los sitiadores, la estructura resiste bien y los españoles reparan los daños con fajinas rápidamente, repeliendo además los asaltos que los ingleses realizan al fuerte.

Del Águila salió con todas sus fuerzas hacia Crozon, pero el avance es lento y el 8 de noviembre está todavía en Quimperlé. La llegada de las noticias de los refuerzos españoles obligó a d'Aumont a intensificar sus ataques, ante la posibilidad de quedar bloqueado en la península.

Las tropas realistas, sometidas al frío y lluvia, a los cañones españoles, a la falta de higiene y enfermedades, fueron diezmadas por todos esos factores, quedando algo más de 1.200 hombres en condiciones de luchar. Simultáneamente con el bombardeo artillero, se comenzó la excavación de una mina, esta a pesar de las dificultades del terreno estuvo finalizada el 17 de noviembre y a mediodía la hacen explosionar, abriendo una brecha en uno de los muros. Aprovechando la confusión, las tropas enemigas se lanzan al asalto, pero increíblemente los defensores españoles rechazan el primer asalto, e incluso un segundo. Durante el tercer asalto, el capitán Paredes murió por un disparo de cañón, pero esto no disminuyó el ímpetu de los defensores que nuevamente logran rechazar a los atacantes.

Don Juan estaba solamente a cuatro leguas de distancia, si los defensores lograban mantenerse en sus posiciones un día más habrían logrado el socorro que tan urgentemente necesitaban. Pero los sitiadores no querían verse a su vez sitiados, así que se prepararon para un último asalto, en esta ocasión franceses e ingleses atacaron por dos brechas simultáneamente, logrando penetrar las defensas y luchando contra los supervivientes que ya sin balas para sus cañones utilizaron cualquier cosa que pudieran lanzar con ellos, pero al final la superioridad numérica se impuso y los ingleses pasaron a cuchillo a todos los que estaban en el fuerte. Solamente se salvaron trece hombres de una guarnición de 400, pero los dos bandos sufrieron pérdidas notables, los ingleses perdieron al almirante Frobisher, herido al final del asedio y que murió días después de sus heridas; los franceses al capitán Liscoët y los españoles al capitán Paredes. Don Juan se enteró de la caída del fuerte a una legua del fuerte, iniciando el regreso a Blavet. Al día siguiente de su captura, las tropas francesas del mariscal d'Aumont procedieron a destruir los restos de aquella fortificación que tanto daño les había causado, con la intención de evitar que las fuerzas inglesas se vieran tentadas a ocuparlo y crear así otro problema a los franceses.

Así terminó sus días una de las primeras fortificaciones abaluartadas de Bretaña, sin embargo, el sacrificio de sus defensores significó que, a pesar de la destrucción física de sus muros, este no cayera en el olvido. De esta forma la toponimia local aún recuerda estos hechos en la llamada punta de los españoles,

se puede afirmar que pocos nombres están mejor justificados que este.

## Conclusiones

A pesar de la ausencia de restos materiales del fuerte de Crozon y la falta de estudios arqueológicos que arrojen algo de luz sobre esta obra defensiva, los numerosos fondos documentales consultados han permitido obtener información que, aunque de manera parcial ilustran los procesos constructivos de esta fortificación.

Según los informes de Rojas, para la traza del fuerte de Castil León se realizaron varios reconocimientos del terreno, seleccionando como emplazamiento el extremo de la península de Crozon, una localización ideal para la defensa y control estratégico de la bahía de Brest. Aquí se ponen de manifiesto los conocimientos y experiencia de Rojas como ingeniero militar, siendo un ejemplo de adaptación a la topografía de la zona.

Respecto al trazado del fuerte se ha podido confirmar como las crónicas coetáneas y los documentos de archivo coinciden en muchos aspectos o en otros casos se complementan para proporcionar una visión de la forma de las defensas. El diseño de Castil León se ajustaba a los nuevos principios de la fortificación abaluartada o moderna, los cuales se basaban en el baluarte como elemento central de las defensas. Se puede decir por lo tanto que fue una plaza pionera, al ser de las primeras defensas en Bretaña en adoptar el bastión.

También se ha podido seguir la actividad constructiva con los diferentes informes, relaciones, cartas, etc., donde se expone la evolución de los trabajos, las necesidades de materiales de construcción o la problemática de encontrar mano de obra cualificada en la zona. Citando como uno de los mayores condicionantes de todos ellos los problemas económicos, los cuales ralentizaban la toma de decisiones y la evolución de los trabajos.

En conclusión, se puede decir que el uso de los fondos documentales aporta una nueva visión y detalles adicionales del fuerte de Crozon. Y sobre todo al consultarlos, se aumenta el conocimiento sobre dicha defensa, y sobre unos eventos que todavía merecen nuestro recuerdo.

## Notas

1. Newes from Brest. A Diurnal of al that Sir John Norreis hath doone since his last arrival in Britaine. Also of the taking in of the forte by Croyzon, and the names of such Captaines gentlemen and others that were slane and hurte in this Service, 1594. British Library, Department of Printed Books, 9210 bb 32.
2. Relación de lo acontecido en Bretaña, 16 de octubre de 1590. Archivo General de Simancas, Estado, Serie K, Legajo (en adelante AGS, K, leg.) 1572, nº 91.
3. Relación que envió don Diego Brochero de sus operaciones en la costa de Bretaña, 10 de octubre de 1591. Archivo del Museo Naval (en adelante AMN) Sanz de Barutell, ms. 391, nº 1123.
4. Cristóbal de Rojas a don M. de Idiáquez, 29 de abril de 1594. AGS, K. leg. 1591, nº 54.
5. Cristóbal de Rojas a don M. de Idiáquez, 29 de abril de 1594. AGS, K. leg. 1591, nº 54.
6. 17 pasos equivaldrían a unos 29 metros, los 10 pasos serían 17 metros; la cortina tendría 10,3 metros de espesor. Se toman como valores de referencia 1,7 metros para el paso y 0,28 para el pie de Castilla o de Rey.
7. Carta de Francisco de Arrazola al Rey, 8 de octubre de 1592. AGS, GA, leg. 357, nº 99.
8. Carta de Juan del Águila al Rey, 24 de diciembre de 1593. AGS, GA, leg. 380, nº 140.
9. La perfectibilidad es uno de los principios básicos de la fortificación y presupone que cada obra u obstrucción debe concebirse de forma que su grado de protección o capacidad de barreamiento pueda ampliarse simplemente completando los trabajos ya realizados en fases anteriores, sin tener que deshacer o desaprovechar ninguno de ellos.
10. Antigua medida de capacidad de áridos, siendo su equivalencia de 1 cahíz igual a 690 kilogramos.
11. Relación de Pedro de Alvisua, 1 de mayo de 1594. AGS, K, leg. 1591, nº 62.
12. Carta del Consejo de Guerra, 6 de julio de 1594. AGS, GA, leg. 411, nº 246.
13. Carta de don Juan del Águila al Rey, 28 de enero de 1591. AGS, K, leg. 1575, nº 60.
14. Relación de Pedro de Alvisua, 1 de mayo de 1594. AGS, K, leg. 1591, nº 62.
15. Necesidades en que se halla Juan del Águila, 24 de diciembre de 1593. AGS, GA, leg. 380, nº 140.
16. Relación de Pedro de Alvisua, 1 de mayo de 1594. AGS, K, leg. 1591, nº 62.
17. Relación de Pedro de Alvisua, 1 de mayo de 1594. AGS, K, leg. 1591, nº 62.
18. Relación de las cosas convenientes de enviar a Bretaña, sin fecha. AGS, GA, leg. 341, nº 280.
19. Los efectivos de las fuerzas enemigas son cifras aproximadas, dado que las fuentes consultadas no arrojan ci-

fras exactas sobre cada contingente. Así, los ingleses de Norreys tenían 4.600 hombres, las tropas del mariscal d'Aumont sumaban otros 3.000 soldados, más 300 arcabuceros a caballo, 400 caballeros voluntarios, y el gobernador de Brest con la artillería de su castillo. Por lo que la cifra total se puede aproximar a los 8.000 efectivos, a los cuales los españoles opusieron 400 hombres.

## Lista de referencias

Cagnard, Florence. 2008. *Carte géologique harmonisée du département du Finistère, Francia.* BRGM.

Caterino Dávila, Enrico. 1675. *Historia de las guerras civiles de Francia.* Madrid.

Díaz Capmany, Carlos. 2004. *La fortificación abaluartada. Una arquitectura militar y política.* España: Ministerio de Defensa.

Fritach, Adam. 1640. *L'architecture militaire ou la fortification nouvelle*. París.

Jones, Michael. 1997. Les Anglais à Crozon à la fin du XVIe siècle: le témoignage des cartes. *Société d'Histoire et d'Archéologie de Bretagne*, LXXV: 11-35.

Rojas, Cristobal. 1598. *Tratado y práctica de fortificación, conforme las medidas y defensas destos tiempos, repartida en tres partes*. Madrid.

Vázquez de Prada, Valentín. 1998. Un episodio significativo de las relaciones de Felipe II con la Liga: la intervención en Bretaña (1589-1598). En *Felipe II (1527-1598): Europa y la monarquía católica*. Editado por José Martínez Millán, vol. 1, tomo 2: 923-951. Madrid: Parteluz.

Waquet, Henri. 1934. Les Combats pour Brest en 1594. *Société d'Histoire et d'Archéologie de Bretagne,* XVII : 1-26.

# El fallido proyecto de la neoclásica iglesia parroquial de Puerto España, en Trinidad de Barlovento (1787)

Francisco Pérez Gallego

En 1785, el ingeniero José del Pozo y Sucre (1742-1819) nacido en Caracas, formado en el Real Colegio de Artillería de Segovia y adscrito al Real Cuerpo de Ingenieros, fue destinado a la isla de Trinidad, integrante de la Capitanía General de Venezuela desde 1777. Allí, entre otros planes de naturaleza defensiva, formuló el proyecto para la nueva iglesia parroquial de Puerto España, la capital que había remplazado desde 1757 a San José de Oruña. De haberse concretado habría devenido en su catedral, una iglesia de magnas proporciones, enmarcada en un monumental volumen de planta centralizada cuadrangular formado por 25 módulos espaciales, sobre los cuales se jerarquizaba la traza de una cruz griega superpuesta de tres naves.

En el recinto cuadrado formado por la intersección de las naves centrales y coronado por una colosal cúpula hemisférica se ubicaría el altar mayor, emplazado bajo un tabernáculo y en su derredor el coro, integrado por 32 tribunas dispuestas en cuatro pares de cuatro sillas por lado. Las cuatro esquinas estarían ocupadas por sacristías en el nivel inferior, sobre las cuales se elevarían cuatro campanarios rematados igualmente por cúpulas. La invasión de la isla por los ingleses y su cesión definitiva a través del Tratado de Amiens, en 1802, terminó por desterrar el proyecto de la que habría sido una de las más espléndidas catedrales neoclásicas de la América hispana, promovida fallidamente para estimular la ocupación poblacional del territorio insular por contingentes católicos como instrumento de control territorial. El objetivo de la contribución es analizar el fallido proyecto arquitectónico destacando sus valores estético-formales, funcional-espaciales, técnico-constructivos, físico-ambientales y urbano-territoriales como resultado del racional pensamiento ilustrado de su autor y la formación académica que había recibido entre el Real Colegio de Artillería de Segovia y la praxis en el Real Cuerpo de Ingenieros. Para ello se partió del estudio análisis de fuentes primarias, escritas y cartográficas, apoyadas en fuentes secundarias, las cuales nos permitieron determinar los valores del magno proyecto, así como las debilidades que contribuyeron a que quedara fallido.

## El proyecto y su creador

Un ejemplo notable de la actuación de los ingenieros militares en la arquitectura religiosa venezolana lo representa, pese a haber quedado fallido, el proyecto para la iglesia de Puerto España (1787), en la isla de Trinidad de Barlovento, que, para la fecha, formaba parte de la Capitanía General de Venezuela.[1] El proyecto fue trazado por el teniente coronel e ingeniero ordinario para ese entonces, adscrito al Real Cuerpo de Ingenieros, José del Pozo y Sucre, venezolano de nacimiento (Sabatini s.f. [c. 1797]). La motivación de su proyecto es muy suspicaz, ya que el 22 de noviembre de 1784, el gobernador de Trinidad José María Chacón, se dirigía al ministro de guerra José Gálvez, informándole que no había ingenieros en la

isla, siendo necesario que destinaran alguno para poder construir la iglesia, el hospital y la cárcel (Chacón 1784a). En esa misma fecha, el gobernador suscribía otra comunicación donde alertaba que solo había una iglesia en la isla, y que esta amenazaba ruina. Refería que sus paredes eran de caña y barro, con algunas estacas y el techo estaba recubierto de paja (Chacón 1784b), referencia que indica estaba construida siguiendo la técnica aborigen del bahareque.[2]

Poco después, el 20 de mayo de 1785, el mismo gobernador informaba al ministro de guerra, que la única iglesia que había en Puerto España, así como cinco viviendas particulares vecinas habían sucumbido producto de un incendio. Según narraba, este se había iniciado en el campanario, propagándose rápidamente al resto de la iglesia, debido a que su techo estaba «cubierto de una especie de guano que llaman carata», de propiedades extremadamente combustibles (Chacón 1785).[3] Solicitaba recursos para levantar una nueva iglesia. Este fue el desencadenante del traslado del ingeniero a la isla y el trazado del magno proyecto que no llegó a materializarse.

Coincidentemente, el 12 de diciembre de 1784, el capitán general de Venezuela Manuel González acusaba recibo de que al ingeniero José del Pozo y Sucre, destacado para el momento en Cuba, se le había concedido permiso por un año para permanecer en Caracas, su ciudad natal, con el fin de gestionar la herencia del padre que había fallecido recientemente, así como «conocer a su madre que aún vivía» (Hernández González 2013, 55). Partiendo de Cuba el 15 de abril de 1785, se asentó temporal y voluntariamente en la capital. Estando allí recibió notificación de pasar a Trinidad por Real Cédula del 31 de julio de 1785, con el fin de cubrir la ausencia de especialistas de la disciplina de la Ingeniería en aquella isla. La orden dictaminaba, que se incorporase a la gobernación de Trinidad con el fin de atender las obras defensivas, civiles y religiosas que se requerían, en particular la de una nueva iglesia (Guillelmi 1787).

La breve pero fructífera actuación de José del Pozo y Sucre en Trinidad, además de satisfacer la praxis de naturaleza netamente ingenieril, concretando entre otras labores, el levantamiento cartográfico de la isla (Llorente y Pozo y Sucre 1786), también resume la triada temática que en Arquitectura desarrollaron los ingenieros militares en Venezuela. Como ingeniero-arquitecto diseñó el "Proyecto de los Quarteles y Almacenes provicionales" (Pozo y Sucre 1786a), en materia militar; el proyecto para la "Cárcel y Casa del Ayuntamiento" (Pozo y Sucre 1786b) y el "Projetto de un Hosp$^{l}$. provisional construido sobre horcones para 200 camas" (Pozo y Sucre, 1786c) en materia civil, concibiendo asimismo bajo el tema religioso, el proyecto para la "Iglesia Parroquial del Puerto de España en la Isla de Trinidad de Varlovento" (Pozo y Sucre 1787b).[4] Esta última, de haberse concretado habría llegado a ser su catedral católica. No obstante, el proyecto no se consumó; se abandonó, según consta debido a los costos que demandaban su construcción (Noel 1972, 136). Una revisión a la óptica actual permite confirmar esta razón, ya que, si bien desde el punto de vista compositivo y estético constituía una propuesta de indudable racionalidad, los recursos materiales y técnicas que demandaba no eran de fácil obtención en la isla, cuyo desarrollo era incipiente respecto al que habían alcanzado otras provincias.

En efecto, los demás proyectos de Pozo y Sucre para la isla develan en sus mismos títulos un carácter transitorio y preliminar para un centro poblado en formación. A lo anterior se suma el asunto del lugar de implantación. Uno de los aspectos de gran interés que manifiesta el proyecto arquitectónico de la iglesia, es el referido a los aspectos urbanos. El mismo Pozo y Sucre acompañó la propuesta con un plano de ubicación, la cual reiteraría el concepto de centralidad también a escala de la ciudad, en cierta forma irreverente con el patrón común respetado en los otros casos, derivados de las Leyes de Indias. Ello, debido a que, si bien la iglesia se sitúa sobre la plaza, no lo hace para configurar su perímetro como se diera generalmente en las ciudades coloniales de Hispanoamérica, lo cual se cumple en los casos de otras iglesias mayores levantadas o reformadas en Venezuela en el siglo XVIII, como fueron los casos de Angostura, Valencia y Maracaibo.

## La respuesta urbana y la contribución a la construcción de la ciudad

En este caso, la iglesia se implantaría como centro mismo de la plaza, concebido como un cuerpo exento, escultórico y monumental cuyos cuatro pórticos servirían como guía indicadora de las cuatro vías principales que nacían y confluían en ella, abriéndose hacia los cuatro puntos cardinales. Según refería el

plano de implantación (figura 1), la plaza proyectada ya se encontraba en ejecución para 1787 (Pozo y Sucre 1787a). Aunque el proyecto de la iglesia quedó fallido, el espacio donde esta se emplazaría se concretó. Corresponde al actual "Woodford Square", centro neurálgico de Puerto España, donde se ubicaron a la postre, bajo el dominio británico, los nuevos símbolos del poder religioso y político; la Catedral anglicana "Holy Trinity" y la Casa Roja, sede del Parlamento de Trinidad.

No obstante, debido al devenir histórico y político de la isla, la catedral anglicana no se emplazó en el centro del espacio como establecía el proyecto de Pozo y Sucre, sino en el medio de las dos manzanas que conformaban el lado sur de la plaza, obligando a fusionarlas para tal efecto. De igual forma se integraron las dos manzanas del lado occidental para emplazar la Casa Roja y el Parlamento, conservando el cuadrilátero donde la catedral católica debió erigirse, como espacio público en forma de plaza cívica. Orientada en sentido norte sur, siguiendo los puntos cardinales, conserva la configuración de traza cuadrada en la que debieron converger las cuatro calles principales, cuyos ejes se intersecaban en el centro, más otras dos calles que formando ángulo recto partían de cada esquina, hasta prolongarse para configurar la traza urbana.

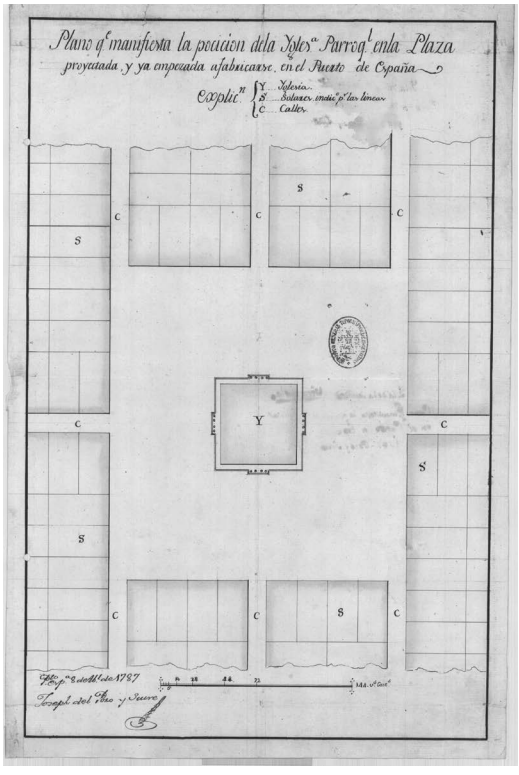



Figura 1
"Plano q$^{e}$. manifiesta la pocición (sic) dela Ygles.$^{a}$" en la plaza proyectada y ya empezada a fabricarse en el Puerto de España. Puerto de España, 8 de abril de 1787" (Pozo y Sucre 1787a)

Es importante destacar que el proyecto de Pozo y Sucre vendría a consolidar el nuevo espacio urbano, logrado gracias a las obras del desvío del río Santa Ana hacia el este, promovidas bajo la gestión del último gobernador hispano de Trinidad, José María Chacón. Hasta 1787, el mismo año en que Pozo y Sucre proyectara la iglesia, el río se extendía desde las colinas emplazadas al norte de Puerto España, hasta la costa del Golfo de Paria, pasando por la calle Chacón, que bordeaba el costado sur de la plaza. De manera tal, que el proyecto del espacio urbano con el cual se articulaba el de la iglesia, constituían un desafío por ganar terrenos al mar para la extensión de la ciudad. Este reto implicó el movimiento de tierras y el asiento de fundaciones firmes para permitir la erección del santuario en ese punto, asunto que demandaba amplios conocimientos de ingeniería, en materia de resistencia de suelos, de los cuales diera muestras José del Pozo y Sucre, al grado de haber sido designado más tarde director de la Real Academia de Matemáticas y Fortificación de Cádiz.

## La solución funcional-espacial

La propuesta de iglesia, para la que habría llegado a ser a la postre, catedral católica de Puerto España, de haberse terminado y no haber cambiado el rumbo político de la isla, se enmarcaba en un monumental volumen de planta centralizada cuadrada formada por 25 módulos espaciales, sobre los cuales se jerarquizaba la traza de una cruz griega superpuesta (figura 2).

Se formaba a partir de la concatenación de cinco recintos cuadrangulares por cada lado, cuyas dimensiones variaban sutilmente otorgando mayor ancho a los módulos que se sucedían sobre los dos ejes de simetría del volumen, con el fin de resaltar la cruz griega y en consecuencia, la direccionalidad hacia el núcleo cen-

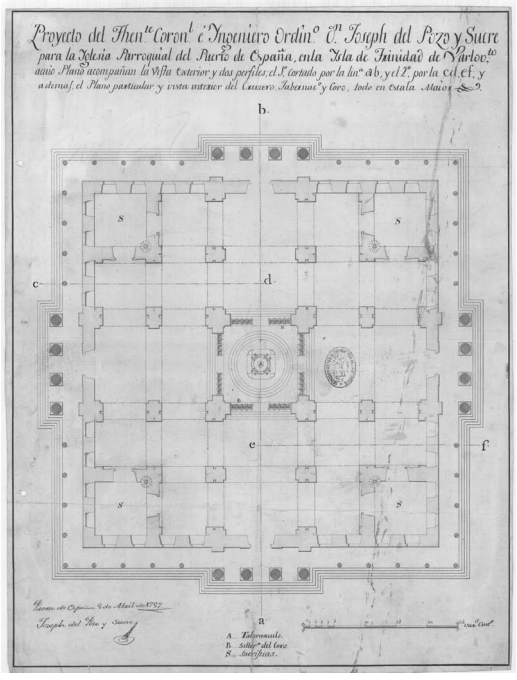



Figura 2
«Proyecto del Thente. Coronel Yngeniero Ordino. Dn. Joseph [sic] del Pozo y Sucre para la Iglesia Parroquial del Puerto de España en la Isla de Trinidad de Varlovento. Puerto de España, 8 de abril de 1787» (Pozo y Sucre 1787b)

tral del crucero, donde se emplazaría el altar. La preeminencia de las dos naves centrales se manifestaba en las cuatro fachadas, al destacarse en un primer plano mediante la conformación de un pórtico tetrástilo sobresaliente, coronado por un frontispicio triangular, seguido en un segundo plano por el cuerpo prominente de las cubiertas de las naves centrales. Estas se diferenciaban de acuerdo con la confrontación entre las fachadas y las secciones, entre los dos ejes. En una dirección se manifestaba el hastial que debió rematar una cubierta a dos aguas, que encubría en su interior una falsa bóveda de cañón. En la otra, se utilizaba una bóveda de cañón de mampostería cuyo cuerpo se exteriorizaría en las fachadas.

El trabajo dimensional y geométrico de los módulos espaciales y estructurales permitiría configurar tres esbeltas naves en ambas direcciones, de las cuales, la central ostentaba mayor ancho enfatizando la cruz. Los cuatro módulos restantes, correspondientes a las esquinas del edificio, se reservaban para configurar cuatro sacristías idénticas pero rebatidas especularmente en ambas direcciones. Para ello, estos ámbitos, se cerraban respecto a las naves mediante la prolongación de muros de igual ancho que los pilares-columnas que configuraban la retícula. En el centro de los paramentos de los dos muros que cerraban en L, las cuatro sacristías hacia las naves laterales, se horadaban puertas en forma de vanos adintelados, de forma tal que entre estas y los vértices del edificio se generaba una tensión virtual en planta, de traza triangular. Haciendo alarde del gusto neoclásico se enmarcaban mediante jambas en resalto y entablamentos de líneas clásicas.

La planta de la iglesia puede ser analizada como una matriz formada por los módulos espaciales y estructurales. Los de las naves centrales de las alas de la cruz eran rectangulares, de 15 varas castellanas de largo por 10 de ancho, medidos a los ejes de los pilares y dispuestos perpendicularmente respecto a las alas de la cruz. El resto de los módulos que formaban las naves laterales y las cuatro sacristías de las esquinas, eran cuadrangulares de 10 varas castellanas de

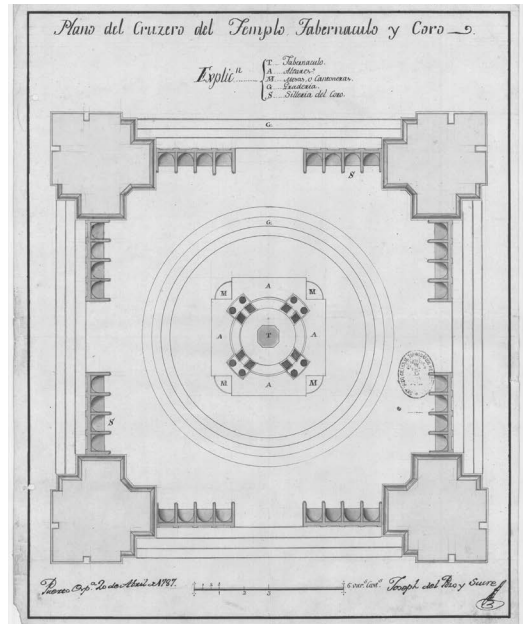



Figura 3
«Plano del Cruzero del Templo, Tabernáculo y Coro. Puerto de España, 20 de abril de 1787» (Pozo y Sucre 1787c)

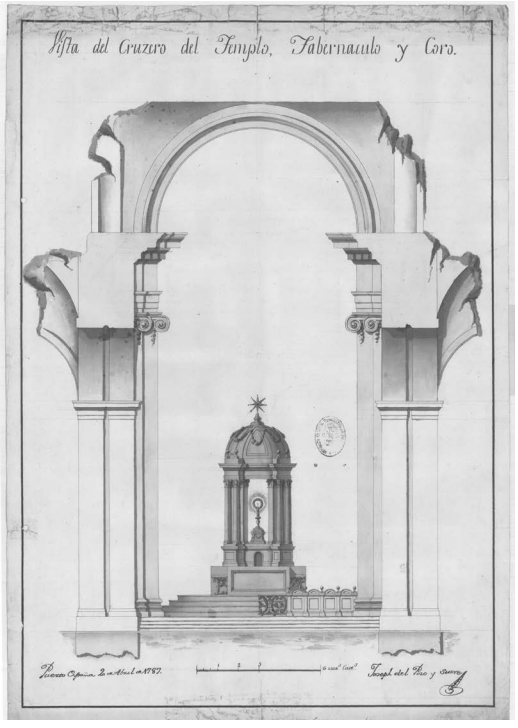



Figura 4
«Vista del Cruzero del Templo, Tabernáculo y Sillería del Coro. Puerto de España, 20 de abril de 1787» (Pozo y Sucre 1787d)

lado. Como resultado, el ámbito central que formaba el crucero, también de traza cuadrada y destinado al altar, disfrutaba la mayor superficie con 15 varas castellanas de lado (figura 3).

En su perímetro y a los lados de los cuatro arcos torales, se dispondría la tribuna del coro, formando pares de cuatro puestos cada uno, emplazados en los extremos, acoplados a los pilares y reservando un paso central libre, de longitud equivalente a estos. El altar se situaría en el mismo centro de la iglesia, elevándolo sobre una plataforma circular, circunscrita bajo el ámbito cuadrangular del crucero, a la que se ascendía mediante tres escalones dispuestos en su derredor. Se ubicaría dentro de un tabernáculo de planta cuadrada rotado en 45º respecto al crucero, soportado por medio de cuatro pares de pilares de orden corintio, formados por dos columnillas de sección cuadrada y dos de sección cilíndrica dispuestas hacia el perímetro exterior (figura 4).

## La solución estético formal

El uso de la planta centralizada, característica del Renacimiento, empleada en la traza del proyecto originario de Bramante para la Basílica San Pedro (figura 5), así como en el proyecto de Miguel Ángel, devela el progresivo desprendimiento de los patrones impuestos en el Barroco, y en particular del modelo de la iglesia del Jesú de Roma que influyó más sobre otros casos. Cabe resaltar, que se pueden encontrar analogías entre esta concepción de un templo de altar centralizado con la visión del templo ideal universal que aspiraba lograr Étienne-Louis Boullée, de la generación de los arquitectos revolucionarios. Boullée también recurrió al uso de la planta en cruz griega en tanto esta permitía representar simbólicamente los ideales de igualdad y equidad, como no lo lograba la cruz latina, que privilegia más unas posiciones que otras (figura 6). Si bien no podemos asegurar que el ingeniero tuviera conocimiento del trabajo de Boullée, muy cercano en años a la propuesta del ingeniero del Pozo y Sucre, la diseminación de los ideales que estos aspiraban y la transferencia de conocimien-

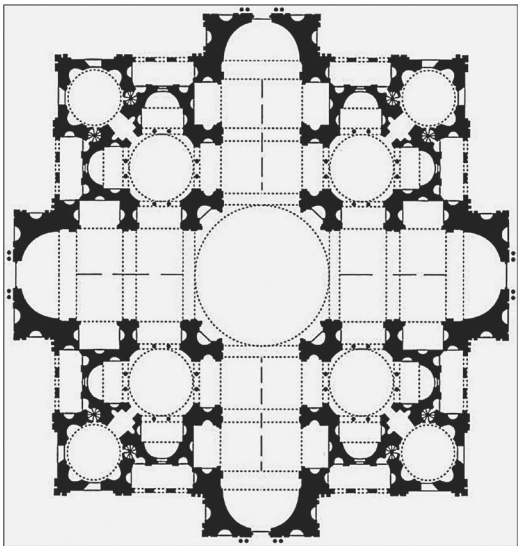


Figura 5
Proyecto para la Basílica San Pedro (Bramante 1506)

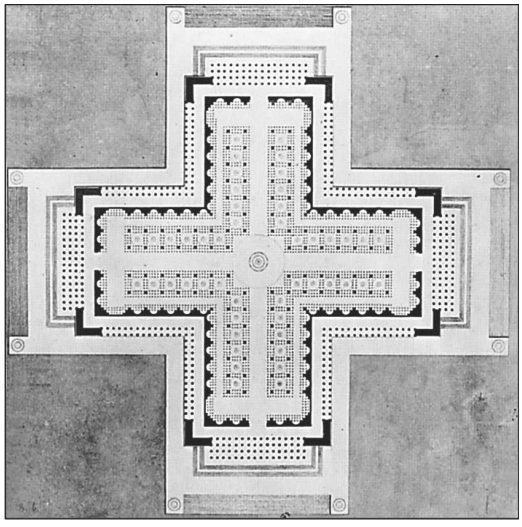


Figura 6
Proyecto para una Iglesia Metropolitana (Boullée 1781-1782)

tos a través de los tratados, sumados a la influencia en la imposición del nuevo estilo por parte de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, debieron incidir en su imaginación.

En alzado, todas las fachadas serían iguales. Seguían un patrón de composición tripartita de lenguaje neoclásico, formado por tres calles y tres cuerpos. La calle central estaba encarnada por el pórtico tetrástilo de orden gigante, que alcanzaba los dos primeros cuerpos, rematado por un entablamento con metopas y triglifos, que servía de sostén a un frontispicio triangular, característico de la tipología del templo clásico. Esta calle se perpetuaría visualmente en un segundo plano en el tercer cuerpo, constituido por el tímpano de una bóveda de cañón que debía techar cada una de las naves mayores de la cruz a partir del crucero. Este, como volumen preminente se cercaba mediante un tambor prismático con remate en forma de cornisa, sobre el cual se superponía como cuerpo terminal, la cubierta resuelta por una gran cúpula hemisférica.

Las calles laterales por su parte, también se estructuraban en tres cuerpos superpuestos, de los cuales los dos inferiores eran planos, horadados cada uno por una hilera de 4 ventanas rematadas por tímpanos; curvos en el primer nivel y triangulares en el segundo. El tercer cuerpo se fragmentaría, generando una pausa o inciso entre la calle central y las esquinas, en cada una de las cuales se elevaba un tambor de menor jerarquía, igualmente horadado por dos ventanas y coronado por otra cúpula hemisférica, que, correspondiendo a los ámbitos de las cuatro sacristías, fungirían como campanarios en este nivel.

La utilización del lenguaje neoclásico que, en otras obras, como la iglesia de Angostura, luce aún incipiente, en este caso adquiría una plena aprobación, tanto en la concepción de las fachadas como en el espacio interior (figura 7). La reiteración de elementos como instrumento de diseño afín a la arquitectura neoclásica, no solo se limitaba a la disposición de los espacios; también al tratamiento de los vanos. En este caso se lograría mediante la perforación de dos pares de ventanas muy cercanas, sobre los muros de las naves laterales y sacristías, tanto a nivel del primer cuerpo como del segundo, resaltados a través de jambas destacadas, lo cual le daba un aspecto «cuasi civil» a la iglesia, más propio del tipo palaciego que del eclesial, acentuado incluso por el tratamiento ornamental diferenciado que asumirían los remates entre los tres cuerpos. Siendo todos adintelados, los del primer cuerpo terminaban en cornisas acabadas en forma de escocia, los del segundo cuerpo recurrían a cornisas rematadas en frontis triangulares «surbaissé», en tanto los del tercero, correspondientes a los tambores de las sacristías y campanarios harían lo propio mediante frontispicios curvos.

El pórtico tetrástilo central que debió engalanar el centro de las cuatro fachadas se estructuraba median-

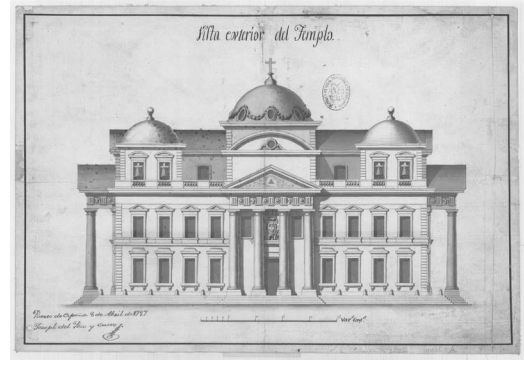



Figura 7
«Vista exterior del templo. Puerto de España, 8 de abril de 1787» (Pozo y Sucre 1787e)

te columnas gigantes de orden dórico, sobre las que debía apoyarse un ortodoxo entablamento clásico, con arquitrabe, friso y cornisa. Sobre este se elevaría un frontispicio triangular surbaissé, análogo al de las ventanas, pero de dimensiones proporcionadas al ancho del pórtico, jugando con la reverberación, otro de los recursos compositivos típicos de la Arquitectura de la Ilustración. El friso del entablamento satisfaría escrupulosamente los cánones de la tratadística, al ornarse con una sucesión de seis metopas y siete triglifos, superpuestos en línea sobre los capiteles de las columnas. La cúpula principal del crucero presentaría una serie de ocho óculos rebordeados cerca de su base, hilvanados entre sí, a través de guirnaldas de frondas en altorrelieve de inspiración pompeyana, quedando coronada por un crucifijo elevado al cielo en su ápice final.

Internamente se mantendría la misma línea lingüística de visos neoclásicos. Los pilares tendrían sección cuadrada, surcada en el medio por una hendidura en bajorrelieve, con excepción de las caras que se orientaban hacia la nave mayor, en las cuales se acoplaba una pilastra saliente que asumiría mayor altura, para servir de base a un entablamento moldurado que recorría zigzagueante sobre ellas todo el largo de la nave, como base de la bóveda de cañón. Las otras tres servirían como impostas para los arcos de medio punto que separarían la nave principal de las laterales, así como los recintos transversales de estas. Esta diferenciación se acentuaría mediante la caracterización de los dos tipos de soporte, a través del uso de dos órdenes diferentes en sus capiteles. El jónico se emplearía en las columnas principales y el dórico en las impostas de los arcos.

El intradós de la cúpula se decoraría al igual que el extradós, con guirnaldas dispuestas en catenaria entre los óculos, destacando mediante cornisas la base y el remate del tambor que le serviría de apoyo. Debido a su escala, la obra resultó onerosa a los ojos de las autoridades, motivo por el cual tuvo enfrentamientos con el gobernador, conduciendo a que el proyecto, aunque se comenzó a construir no se llegara a terminar. No obstante, es un ejemplo significativo del aporte proyectual de los ingenieros militares en el diseño de iglesias y con este, de la diseminación del lenguaje neoclásico en el territorio de las provincias de ultramar.

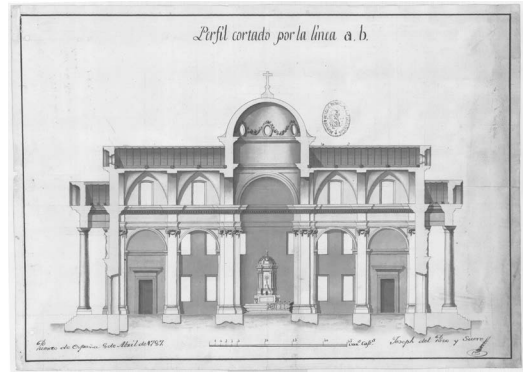



Figura 8
«Perfil cortado por la línea a.b. Puerto de España, 8 de abril de 1787» (Pozo y Sucre 1787f)

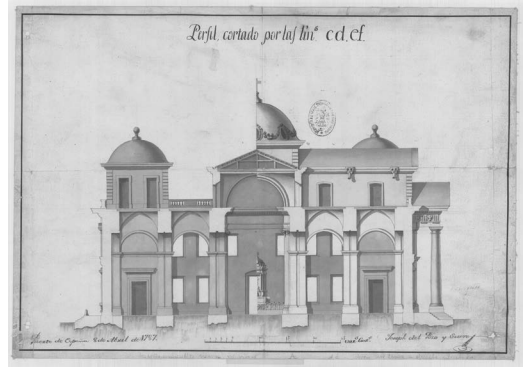



Figura 9
«Perfil cortado por la línea cd.ef. Puerto de España, 8 de abril de 1787» (Pozo y Sucre 1787g)

## Los recursos técnico-constructivos

Desde el punto de vista constructivo, la iglesia imaginada por Pozo y Sucre debía superar la vulnerabilidad de la precedente, por lo que la concibió con una gran robustez, tanto en la estructura portante, como en el sistema de cubiertas. Acaso debido a ello el proyecto no fructificó ya que, aunque se requería una arquitectura de mayor envergadura, la idea sobreestimó las posibilidades económicas y tecnológicas disponibles para el momento en la isla (figuras 8 y 9).

La estructura portante propuesta combinaba muros de mampostería de piedra en el entorno perimetral y

ámbitos de las sacristías, con pilares y arcos de ladrillo. Los muros y pilares vinculados asumirían tres tipos de sección, en función de la jerarquía espacial y demandas estructurales de los espacios, organizados a partir de la vara castellana como módulo base. Los correspondientes a la envolvente perimetral de la obra tendrían dos varas castellanas y media, seguidos por los correspondientes a las naves laterales y su compartimentación en ambas direcciones, que asumirían tres varas, conservándose iguales en las dos naves centrales conformadoras de la cruz, sobre los que descansarían las bóvedas de cañón. Los pilares del crucero encastrados en el cruce de los muros de tres varas, tendrían una solución particular, al acoplar a sus lados y hacia el interior de la imposta del arco, una pilastra similar a las que se volcaban hacia las naves mayores, de forma que en planta armaban una L entre sus caras.

Para la estructura de los techos, echando mano también de una solución mixta, se planteaba el uso de cuatro sistemas articulados. Primero, empleaba cúpulas hemisféricas de mampostería sobre el crucero y los cuatro campanarios de las esquinas. Luego, como segundo recurso, sobre las naves principales que forman la cruz, establecía plafones en forma de bóvedas de cañón con pechinas y lunetos para permitir la entrada de luz por encima del entablamento a nivel del tercer cuerpo. Estas se protegían por cubiertas a dos aguas ensambladas con armaduras de madera siguiendo el sistema mudéjar de pares, nudillos y montantes verticales, forradas con tablas. Una tercera solución de cubiertas era sugerida como una variante de la segunda, para la solución de los techos de las naves principales, según se desprende de una observación detenida de las fachadas, en las que, en vez de hastial, consecuente con el techo a dos aguas, se manifestaba un frontis curvo asociado con el tímpano de una bóveda de cañón construida con mampostería, en cuyo caso desaparecería la techumbre a dos aguas. Una cuarta solución se implementaba en las naves laterales, las cuales se techarían con cubiertas horizontales de pares en hilera de madera, apoyados mediante vigas soleras sobre los muros adyacentes, recubiertas con tablas, argamasa y un acabado final que habitualmente se elaboraba con panelas de arcilla dispuestas en aparejos alternos.

A pesar del uso de techos en pendiente, las fachadas y secciones no manifiestan el uso de tejas como revestimiento final. Al contrario, las superficies se presentaban lisas, lo cual podría indicar el uso de un revestimiento de láminas de cobre u otro metal, como se solía usar en algunas edificaciones del siglo XVIII, en particular en el contexto francés, lo cual revelaría, al igual que en otros aspectos, la postura visionaria del ingeniero Pozo y Sucre. Esto, naturalmente también iba en contra de la factibilidad de materializar el proyecto en un enclave que, por las descripciones de las otras arquitecturas, que el mismo ingeniero debió proyectar, casi todas pensadas como temporales o efímeras, revelaba que aún estaba en fases tempranas de maduración urbana y más aún tecnológica, respecto a otras provincias de la Capitanía.

Todo el cuerpo de la iglesia se elevaba sobre una plataforma rodeada por cinco gradas que acompañaban sutilmente a la traza en forma de cruz griega, adelantando los cuerpos centrales correspondientes a los pórticos. Sobre su perímetro se disponían, de cada lado de los porches de acceso, cinco mojones a manera de pináculos cónicos, emplazados a espacios equidistantes; cuatro alineados con el punto medio de los tramos de muros emplazados entre las ventanas, y el quinto en cada una de las esquinas. La solución de la plataforma, además de incrementar la monumentalidad aspirada debía contribuir con la cimentación para adecuarse a la composición de los suelos, que dada su originaria proximidad al golfo debía presentar un alto nivel freático.

Debido a que la obra fue abandonada y en breve la isla invadida y cedida finalmente a Inglaterra bajo el Tratado de Amiens en 1802, la obra quedó en suspenso, hasta que en 1816 se comenzaran obras para levantar en el mismo lugar, pero en el borde sur, otra iglesia para el culto anglicano. Mucho más tarde se emprendió otra para el culto católico según nuevo proyecto y en otra localización, bajo la advocación de la Inmaculada Concepción, la cual se terminó de erigir en 1851, bajo otros patrones tipológicos y lingüísticos, más afines al Romanticismo decimonónico,[5] quedando en el olvido el magno, aunque utópico, proyecto del ingeniero del Real Cuerpo de Ingenieros de origen venezolano, José del Pozo y Sucre.

## Conclusiones

El fallido proyecto del ingeniero José del Pozo y Sucre para erigir la iglesia parroquial de Puerto España denota el carácter de la manera de proyectar

de los ingenieros militares del Real Cuerpo de Ingenieros al momento de abordar el tema eclesial. En este, al igual que sucediera con el tema militar, objetivo cardinal de su formación, emprendieron proyectos que partían del manejo de tipos y modelos, en los que, mediante la implementación de recursos del lenguaje clásico, su reiteración y reverberación lograban configurar el objeto arquitectónico. Para ello recurrieron en lo espacial a la aplicación de principios de relaciones matemáticas y proporciones mediante el uso de la razón, conjugado en lo técnico, con sistemas constructivos heredados de la Antigüedad Clásica combinando el muro portante, el arco y el sistema adintelado en la estructura portante, con soluciones abovedadas, cúpulas hemisféricas, sistemas de par e hilera y de pares y nudillos, en las cubiertas.

En el caso del proyecto de Pozo y Sucre para la que habría llegado a ser en el tiempo, de haberse concretado, Catedral de Puerto España, se estimó una solución magna, con una visión grandilocuente, que no contempló las precarias condiciones económicas y técnicas que dominaban en la isla, para aquel entonces provincia integrante de la Capitanía General de Venezuela. La escasez de mano de obra calificada para la ejecución de soluciones abovedadas, agravado con el costo de los materiales que demandaba la solución, aunada al reto que obligaba las condiciones del suelo con un alto nivel freático, incidieron en ralentizar el proceso constructivo. Aunque el proyecto fue iniciado, su desarrollo en tiempos convulsos, donde merodeaban las escuadras británicas en el contexto de la Guerra con Inglaterra, terminó por condenar su continuación.

La solución, no obstante, desde el punto de vista funcional-espacial, estético-formal, técnico-constructivo, físico-ambiental y urbano-territorial habrían legado un relevante ejemplo de arquitectura religiosa de planta centralizada. Esta no solo satisfaría lo arquitectónico, sino que se reiteraría a nivel urbano, como pieza exenta concentrada sobre el cruce de ejes de las vías cardinales de la ciudad. La solución sería atípica para los cánones eclesiales impuestos por el Concilio de Trento y para los patrones urbanos de las Leyes de Indias, marcando un «tour de forcé» en la etapa final del siglo XVIII, que apuntala la búsqueda visionaria de la Arquitectura Neoclásica y el espíritu de la Ilustración que también los ingenieros militares contribuyeron a impulsar.

## Notas

1. La isla de Trinidad, integrante de la actual República de Trinidad y Tobago formaba parte del territorio de la Provincia de Venezuela y luego de la Capitanía General de Venezuela hasta 1797. Por tanto, formó parte de las posesiones de Ultramar del Reino de España, hasta su pérdida debido a la rendición del gobernador en ataque perpetrado durante la Guerra entre España y el Reino Unido. Fue asumida oficialmente por Gran Bretaña en el Tratado de Amiens de 1802.
2. Según refiere el Diccionario de la Real Academia Española (Real Academia Española, 2020), el bahareque o bajareque es una acepción de origen taíno, utilizada en Colombia, Ecuador, Honduras y Venezuela para referirse a una pared construida con palos. La técnica, de origen caribe, utilizaba como soporte un entramado de horcones de madera hincados dispuestos en sentido vertical, con algunas trabas en sentido transversal, para luego ser recubierto por ambas caras con una argamasa de tierra o barro, enriquecido con fibras vegetales y guano.
3. Hay otra carta similar informando sobre el incendio en AGI, leg. Caracas, 152.
4. Existe una copia similar fechada y suscrita por el mismo ingeniero en AGMM, bajo la signatura TTO-1/11.
5. Aunque sigue una planta basilical con dos torres de traza octogonal a sus pies, introduce rasgos estilísticos afines al neogótico que ya se estaba extendiendo en el contexto anglosajón.

## Lista de referencias

Boullée, Étienne-Louis. 1781. Proyecto para una Iglesia Metropolitana. En Biblioteca Nacional de Francia, París.

Bramante, Donato. 1506. Proyecto para la Basílica San Pedro, Roma. En Léon Palustre. 1892. *L'Architecte de la Renaissance*. París: Librairies-Imprimeries Réunies.

Chacón, José María. 1784a. Carta del gobernador de Trinidad al ministro de guerra José Gálvez informándole la falta de ingenieros en la isla para emprender obras necesarias. Puerto de España, 22 de noviembre de 1784. En AGI (Archivo General de Indias), leg. Caracas, 152, fol. único.

Chacón, José María. 1784b. Carta del gobernador de Trinidad a José Gálvez informando que solo había una iglesia en la isla y que esta amenazaba ruina. Puerto de España, 22 de noviembre de 1784. En AGI, leg. Caracas, 394, fol. único.

Chacón, José María. 1785. Carta del gobernador de Trinidad al ministro de guerra José Gálvez. Puerto de España, 20 de mayo de 1785. En AGI, leg. Caracas, 394, fol. 1-2.

Guillelmi, Juan de. (1787). Comunicación al Excmo. Sr. Bo. Antonio Valdés, secretario de Estado del despacho universal de Marina e Indias, informando sobre el me-

morial del ingeniero José del Pozo y Sucre y su solicitud de relevo para continuar sus méritos en Europa, Caracas, 31 de octubre de 1787. En AGS (Archivo General de Simancas), Sección Guerra, leg. 7236, 24.

Hernández González, Manuel. 2013. *En el vendaval de la revolución. La trayectoria vital del ingeniero venezolano José de Pozo y Sucre (1740-1819).* Caracas: Fundación Centro Nacional de Historia.

Llorente, Cayetano y José del Pozo y Sucre. 1786. «Plano de la Isla Trinidad de varlovento: situado entre las latitudes Septentrionales de 10° 51' y 9° 41' y entre las Longitudes 314° 43' y la de 316° 13' según el meridiano de Tenerife con sus Puertos, Vajos [sic] Placeres y sonda que asta aora [sic] se ha encontrado y sesigue en el reconocimiento de las demas / Levantado por Don Cayetano Llorente 2o. Piloto de No. de la Armada, Joseph del Pozo y Sucre». Puerto España. En AGMM, sign. PL, TTO-2/5.

Noel, Jesse A. 1972. *Trinidad, provincia de Venezuela. Historia de la administración española en Trinidad*. Caracas: Academia Nacional de la Historia.

Pozo y Sucre, José del. 1786a. «Proyecto de Quarteles y Almacenes provisionales aunq.e con respecto, aque pueden Duxar Largo tpo. que deven hacerse En El Puerto de España de la Isla de Trinidad de Varlovto.: Para Ynfanteria, Artilleria, Dragones, y Casa para el trabajo de los planos y Custodia de los Ynstrumentos, Construido todo sobre horcones y Rellenado sus huecos con Piedra y tierra Mezclada. Puerto de España, 4 de nobre. de 1786». En AGMM, sign. PL, TTO-1/13.

Pozo y Sucre, José del. 1786b. «Proyecto para Cárcel y Casa de. Ayuntamiento en la Ysla de Trinidad de Varlovto. Puerto de España, 4 de nobre. de 1786». En AGMM, sign. PL, VEN-8/7.

Pozo y Sucre, José del. 1786c. «Proyetto de un hospt. provisional construido sobre horcones para 200 camas». Puerto de España, 4 de nobre. de 1786». En AGMM, sign. PL, VEN-5/11.

Pozo y Sucre, José del. 1787a. «Plano qe. manifiesta la pociсión (sic) dela Ygles.a en la plaza proyectada y ya empezada a fabricarse en el Puerto de España. Puerto de España, 8 de abril de 1787». En AGMM, sign. PL, TTO-1/6.

Pozo y Sucre, José del. 1787b. «Proyecto del Thente. Coronel Yngeniero Ordino. Dn. Joseph [sic] del Pozo y Sucre para la Iglesia Parroquial del Puerto de España en la Isla de Trinidad de Varlovento. Puerto de España, 8 de abril de 1787». En AGMM, sign. PL, TTO-1/8.

Pozo y Sucre, José del. 1787c. «Plano del Cruzero del Templo, Tabernáculo y Coro. Puerto de España, 20 de abril de 1787». En AGMM, sign. PL, TTO-1/7.

Pozo y Sucre, José del. 1787d. «Vista del Cruzero del Templo, Tabernáculo y Sillería del Coro. Puerto de España, 20 de abril de 1787». En AGMM, sign. PL, TTO-1/12.

Pozo y Sucre, José del. 1787e. «Vista exterior del templo. Puerto de España, 8 de abril de 1787». En AGMM., sign. TTO-2/1.

Pozo y Sucre, José del. 1787f. «Perfil cortado por la línea a.b. Puerto de España, 8 de abril de 1787». En AGMM., sign. TTO-1/2.

Pozo y Sucre, José del. 1787g. «Perfil cortado por la línea cd.ef. Puerto de España, 8 de abril de 1787». En AGMM., sign. TTO-2/2.

Real Academia Española, «bahareque». En *Diccionario de la Lengua Española*, 23.ª ed. [versión 23.4 en línea]. Madrid: Real Academia Española 2020, acceso el 18 de febrero de 2022, https://dle.rae.es/bahareque.

Sabatini, Francisco. s.f. [c. 1797]. Hoja de Servicios de José del Pozo y Sucre. En AGS, Guerra Moderna, leg. 3794, C.1, fol. 58.

# La prefabricación en Portugal, entre los deseos de los técnicos y la realidad del país. Ejemplos pioneros

Clara Pimenta do Vale

Portugal, debido a diversas circunstancias y características, concretamente su excentricidad europea, no ha participado plenamente, ni al mismo tiempo, en muchas de las grandes transformaciones de la industria de la construcción europea y mundial. La prefabricación pesada es uno de esos casos. Sin la necesidad del esfuerzo de reconstrucción de la posguerra, la prefabricación se vio, primero desde la distancia, como una anhelada garantía de racionalidad en la construcción. Más tarde, cuando el éxodo rural ya determinaba la necesidad de aumentar las zonas urbanas y suburbanas, y la escala de las intervenciones ya podía garantizar cierta rentabilidad en el uso de sistemas prefabricados, surgieron los primeros intentos de implantar una industria nacional de prefabricación.

Así, de forma tardía en relación con el contexto internacional, surgieron dos ejemplos pioneros, uno en el sur, la ciudad jardín de Santo António dos Cavaleiros, iniciada en la década de 1960, y otro en el norte, el condominio Torre da Boavista en Porto, empezado en la década de 1970, y que ya se terminó después de la revolución. También es importante mencionar el inicio de la prefabricación de elementos pretensados, y el ejemplo pionero del Armazem de Algodão, en Matosinhos, construido en la década de 1950.

Este artículo pretende contribuir a la historia de la industria de la construcción en Portugal, centrándose en el sector de la prefabricación de hormigón, y en sus ejemplos pioneros, basando-se en fuentes de archivo (permisos de construcción), entrevistas con personas relacionadas con esas experiencias (arquitectos, ingenieros y capataces) y diversas ponencias, incluso las presentadas en el Primer Congreso Nacional de Arquitectos de 1948 y en la Primera Conferencia Nacional sobre Prefabricación de 1968.

## Contexto y antecedentes

Si, en el caso de Portugal, quisiéramos encontrar los primeros ejemplos a gran escala de sistematización y racionalización de los procesos de construcción, tendríamos que remontarnos al periodo posterior al terremoto de 1755 y a todos los esfuerzos por reconstruir la ciudad de Lisboa. La necesidad de reconstruir la ciudad completamente arrasada condujo a la implantación de una estandarización de la construcción que permitió la fabricación de elementos lejos de la capital, aprovechando la disponibilidad de mano de obra y materiales. Esto se reflejaba en una regularidad de las dimensiones y de los elementos constructivos, como los marcos de las aberturas en cantería, los marcos de madera y las protecciones metálicas de los balcones, o los revestimientos de azulejos, que incluso implicaban cambios en los programas decorativos. Esta normalización también se aplicaría en la ciudad de Porto, en la ejecución de su «Plan de Me-

joras», de la mano de la Junta de Obras Públicas, presidida por João de Almada e Melo (Vale 2011-2012). La apertura de nuevas calles y el enderezamiento de las existentes, pero sobre todo el diseño de alzados regulares, permitieron la implantación en la ciudad de una cierta sistematización de los elementos constructivos, que no puede disociarse de la relativa sistematización de las tipologías arquitectónicas (Fernandes 1999; Teixeira 2004).

La disminución del volumen de construcción necesario, pero también la aparición del arquitecto como proyectista de obras privadas, a partir fundamentalmente de finales del siglo XIX, condujo progresivamente a la reducción de esta sistematización (mantenida en algunos elementos, como las cerrajerías). En Portugal, como en muchos otros países, la industrialización de la construcción siguió el curso de la fabricación de pequeños elementos, como ladrillos, tejas, baldosas, perfiles metálicos, herrajes o accesorios con los nuevos materiales que comienzan a aparecer durante el siglo XX, y no la fabricación de grandes componentes.

A nivel internacional, principalmente después de la Segunda Guerra Mundial, con la necesidad de reconstruir zonas destruidas, se desarrollaron sistemas de prefabricación pesada que redujeron los tiempos de ejecución y contribuyeron al reacondicionamiento de las industrias de guerra. El desarrollo de la tecnología del pretensado por parte de Freyssinet contribuyó en gran medida a esta implantación, inicialmente en grandes obras como puertos, presas y depósitos de agua, pero rápidamente aplicada a la construcción actual de edificios industriales y bloques de viviendas.

En la primera mitad del siglo XX, Portugal experimentó profundos cambios políticos, pasando de una monarquía a una república en 1910, y a una dictadura a partir de 1926 (en 1933 se aprobó una nueva constitución que la instituyó oficialmente). El progresivo cierre del país, que se tradujo en su neutralidad en la Segunda Guerra Mundial, tuvo también repercusiones en la arquitectura y la construcción, con un creciente desfase respecto a lo que ocurría en Europa. Cabe señalar que la dictadura de Franco en España, a partir de 1939, corresponde a otro factor que aumenta la distancia europea de Portugal.

Sin embargo, para algunos profesionales portugueses, arquitectos e ingenieros, esta puesta en común de los avances europeos, es decir, la prefabricación, era una necesidad. Anhelaban la racionalidad – en términos de lenguaje arquitectónico, procesos de ejecución, pero también de calidad final de la obra – que la implantación de sistemas de prefabricación aportaría a las actividades de construcción, aspirando una aproximación de la industria de la construcción a los métodos de otras industrias.

Examinando algunas fuentes bibliográficas de mediados del siglo XX, podemos encontrar varias referencias a la prefabricación, casi como un manifiesto que intenta promover su uso. Factores importantes en esta apuesta son, sin duda, la creciente necesidad de vivienda debido al incremento demográfico y al éxodo rural, y el consiguiente aumento de la construcción, tanto en volumen de obra como en tamaño de las promociones inmobiliarias, que se estaba produciendo en la capital y que también empezará a ser visible en Porto, especialmente tras la publicación del Régimen de Propiedad Horizontal en 1955 (Vale y Almeida 2012).

Arménio Losa, en el I Congreso Nacional de Arquitectura, en 1948, presentó una ponencia titulada "La industria y la construcción", en la que abogaba por el uso de métodos de construcción racionales/modernos, entre ellos la prefabricación, que en su opinión debía extenderse a grandes elementos de la vivienda, como paredes enteras o módulos de aseo (Losa 1948).

También es importante la publicación por el Laboratório Nacional de Engenharia Civil [LNEC] en 1952 del pequeño libro «Perspectivas de la prefabricación en la construcción de viviendas» firmado por Rui José Gomes (1952) y resultante de la presentación en la «Semana da Engenharia Civil» (Bento d'Almeida, Marat-Mendes, y Toussaint 2019). Hay que tener en cuenta que el LNEC había sido creado en 1946, y esta publicación institucional hace suyas las preocupaciones individuales de varios técnicos.

Antão Almeida Garrett también publicó un artículo titulado «La vivienda prefabricada» en la revista de la Facultad de Ingeniería de Porto, donde subraya la importancia de la industrialización de la construcción para hacer avanzar «una vivienda cómoda, bien construida, en cantidad suficiente para abastecer y mantener una producción voluminosa» (Garrett 1958, p. 25).

Con el objetivo de difundirlo a un público más amplio, Gomes (1958) publicó en *Binário* – revista dedicada a la arquitectura, la ingeniería y la construcción – un artículo sobre la prefabricación, contextua-

lizando histórica y geográficamente, y explicando después las razones de la importancia de su implantación en Portugal. Aún en la misma revista, en 1964, un nuevo artículo de Lourenço Antunes (1964) reforzará la difusión de estos sistemas entre arquitectos e ingenieros.

## Ejemplos pioneros

Es en este contexto nacional donde se dan los primeros pasos en la prefabricación en Portugal. Los ejemplos presentados, considerados como pioneros en esta aplicación, están organizados por orden cronológico de las primeras acciones. En esta fase de la investigación aún no se han determinado las influencias cruzadas, que probablemente pueden existir, directa o indirectamente.

Las 3 obras presentadas – Armazém de Algodão en Matosinhos, Cidade Jardim en Santo António dos Cavaleiros, y el condominio Torre da Boavista – corresponden a escalas muy diferentes de implantación de sistemas de prefabricación, pero el carácter pionero de cada una de ellas justifica su análisis de presentación.

### La prefabricación de elementos pretensados

En cierto modo, el inicio de la implantación de sistemas de prefabricación pesada en Portugal correspondió a la producción de vigas, pilares y forjados pretensados. Esto tuvo lugar a finales de la década de 1940, utilizando la patente STUP (Société Technique pour l'Utilisation de la Précontrainte – empresa creada en 1943 por Eugene Freyssinet), e incluso participando en las pruebas y la mejora de las soluciones de ejecución (Vale, Sampaio, y Póvoas 2021). António Augusto Guimarães Teixeira Rêgo (1906-1967), ingeniero, proyectista y profesor universitario, participó en el primer congreso internacional sobre hormigón pretensado (Journées Internationales de Pré-Contrainte) en París y Rouen, donde presentó una ponencia sobre "Procesos de pavimentos portugueses de hormigón pretensado" (Universidade do Porto 1950). Participará activamente en los congresos siguientes, publicando en revistas técnicas como la francesa Travaux (Rego 1951b), la inglesa Concrete and Constructional Engineering (Universidade do Porto 1959) o la revista de la Orden Portuguesa de Ingenieros (Rego 1951a). Rego participó en la formación de la FIP (Fédération internationale de la précontraint), siendo nombrado delegado para Portugal (Rêgo 1953). Destaca su participación en Madrid, en la primera asamblea general del Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento, en 1952, organizada como curso superior de hormigón, donde presentó la ponencia "El empleo de los procedimientos Freyssinet en Portugal", posteriormente publicada en la revista del mismo instituto (Rego [1953]).

Teixeira Rego fabricó y utilizó por primera vez en Portugal «losas huecas de hormigón pretensado (Porto – agosto de 1948), utilizando un tipo diseñado en Francia», que pronto fue descartado por cuestiones de peso y coste. «Era una viga de sección rectangular, en cajón, aligerada con dos agujeros cilíndricos, que pesaba 70 kg por metro» (Rego, 1958, p. 50). El camino seguido fue la ejecución de forjados mixtos, con vigas pretensadas de sólo 20 kg por metro, y «relleno de ladrillos cerámicos y hormigón in situ», solución que posteriormente también aplicaron otros fabricantes (Rego, 1958, p. 50).

Esta producción estuvo a cargo de la empresa «Precomate – Sociedade de Preconstrição de Materiais, Lda» que fue dirigida técnicamente por António Teixeira Rego y administrativamente por otros socios. La misma fue utilizada por Freyssinet para ilustrar la difusión del pretensado por el «altísimo valor técnico y moral (de) los ingenieros de las más diversas nacionalidades» (Freyssinet 1949). La empresa es reconocida como una de las primeras fuera de Francia que avanzó con éxito en la fabricación industrial de losas/viguetas pretensadas (Lalande 1949).

### Armazém de Algodão – Matosinhos

La experiencia en los forjados prefabricados, su movimiento en los foros internacionales donde se difundían las nuevas aplicaciones de los forjados pretensados y su amplio trabajo como proyectista de estructuras llevaron a Teixeira Rego a implantar, por primera vez en Portugal, un sistema de vigas pretensadas para la cobertura de un gran vano de un almacén de la empresa Carlos Marques Pinto & Sob. Limitada. El edificio, una nave de una sola planta, fue diseñado en 1950 por el arquitecto Homero Ferreira

Dias (1904-1960), y la ejecución cuenta con un gran equipo. Los ingenieros Gustavo Natividade y Aurélio Morujão (Precomate), bajo la dirección de António Teixeira Rego – coordinador de las obras de hormigón pretensado – se destacan en los cálculos de la estructura pretensada (Rego 1951a, p. 19). La obra fue ejecutada por la Cooperativa dos Pedreiros Portuenses, y por Ângelo Ramalheira (1908-1975), antiguo alumno de Gustave Magnel, cuya empresa constructora llegaría a estar vinculada a importantes obras nacionales, como, en Porto, el Hospital Escola y el Pabellón de Deportes del Palácio de Cristal, y, en Lisboa, la sede del Diário de Notícias y el bloque de Águas Livres. Los estudios de granulometría, encofrado y ejecución del hormigón fueron realizados por el ingeniero António Gonçalves, colaborador de Ramalheira, que «estuvo en París entre 1949 y 1950 donde estudió el sistema de forjados bidireccionales y el pretensado» (Gonçalves, Figueiredo, y Tostões 2004).

Por un lado, el uso del hormigón pretensado permitía responder mejor a las cuestiones de seguridad contra incendios que las estructuras metálicas o de madera, cruciales en un espacio que almacena algodón, y por otro, como afirma Teixeira Rego, el hormigón pretensado permitía un gran ahorro de acero, lo que lo hacía inmediatamente ventajoso desde el punto de vista económico (Rego [1953], p. 4). Así, la estructura de la cubierta debía construirse con «grandes vigas maestras de hormigón pretensado, calculadas y ejecutadas mediante procesos 'Freyssinet' ..., un espacio de 7 m entre ejes y con una luz total de 32 m ... la terraza ... formado con vigas de hormigón pretensado (Precomate), [con] un revestimiento de cemento celular de 0,05 m de espesor para el aislamiento térmico» (CMMatosinhos, Dias, y Rego 1950).

El sistema de prefabricación es todavía, en cierto modo, experimental, así como todo el sistema de aplicación del pretensado. La prefabricación se realiza in situ, a nivel del suelo, utilizando sólo un encofrado de madera, con una placa base adicional (Rego [1953], p. 7). Este sistema, al retirar los laterales del encofrado a las 24 horas y mantener la base durante 6 ó 7 días, permitía agilizar la fabricación hormigonando una nueva viga con los laterales y la base suplementaria.

Los «valores medios, resistencias, a los 6 días, generalmente superiores a 300 kg/cm2 ... se consideran suficientes para proceder al estiramiento del cable» (Rego 1951a). En el proceso de llenado de los moldes se utilizaron 6 vibradores eléctricos de fabricación nacional de 1,5 CV, que permitieron hormigonar las vigas, en una media de 4,5 horas para 16 m3 de

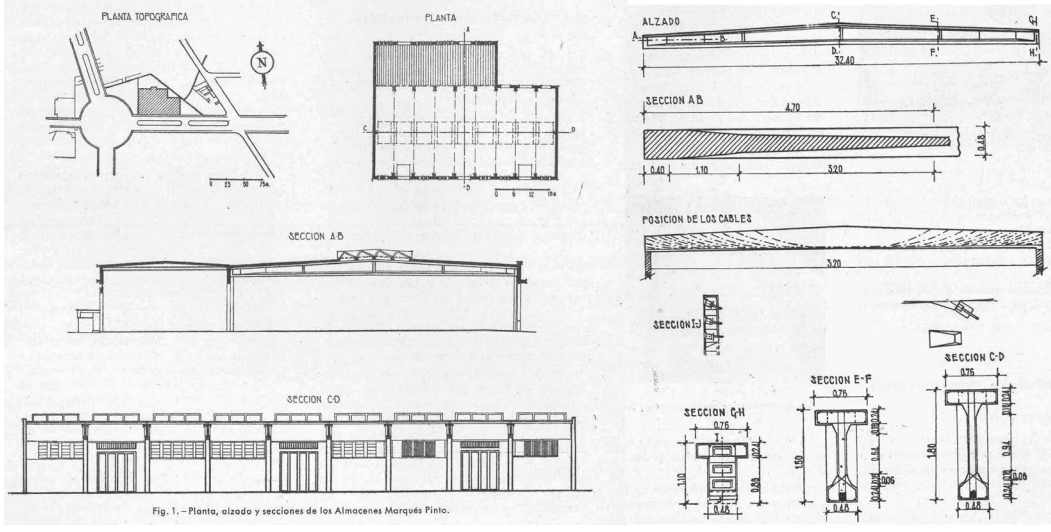



Figura 1
Proyecto del Armazém de Algodão y del sistema de vigas pretensadas prefabricadas (Rego [1953])

hormigón (Rego 1951a, p. 7). Al séptimo día, las vigas se levantaron «con la ayuda de dos torres metálicas de 20 toneladas cada una» (Rego 1951a, p. 11).

A esta primera experiencia le seguirán otras, como los edificios de la Compañía Portuguesa de Celulosa en Cacia, Aveiro, la central telefónica de Lapa y el depósito de reparación de autobuses de la STCP, ambos en Porto.

**Santo António dos Cavaleiros – Loures**

Santo António dos Cavaleiros, cuando se planificó en los años 60, pretendía ser una ciudad jardín a las puertas de Lisboa. En un área de cerca de 42 ha se proyectaron 2500 viviendas que debían atender a 10.000 usuarios, utilizando un sistema de prefabricación pesada (Reaes Pinto 2022, 118). El proyecto incluía no sólo los edificios, sino todas las infraestructuras y espacios verdes, incluso la creación de un lago. El plan urbanístico preliminar fue responsabilidad de Fernando Ressano García (arquitecto). El proyecto arquitectónico fue de Alberto Reaes Pinto (1932-), el proyecto paisajístico de Gonçalo Ribeiro Teles (1922-2020), y en el proyecto de ejecución participaron M.J. Monteiro de Barros, A. Jardine Neto y F. Ferreira e Almeida (ingenieros).

Esta experiencia pionera correspondió a la prefabricación pesada total de todo un barrio, en grandes paneles, que incluía los acabados interiores y exteriores. En Lisboa, la prefabricación ya se había utilizado parcialmente en algunos elementos, como las escaleras colectivas del barrio de Restelo, pero fue con Santo António dos Cavaleiros cuando se inició efectivamente la industria de la prefabricación pesada en Portugal, con la creación de la empresa ICESA – Indústrias de Construção e Empreendimentos SARL.

Si «desde el punto de vista económico, la industrialización de la construcción consiste esencialmente en la sustitución de una parte más o menos importante del coste de la mano de obra, por un aumento de los costes de amortización de los equipos, del consumo de energía, de la organización y de los costes financieros (costes administrativos)» (Barros et al. 1968, 43), sólo puede justificarse si el balance económico es positivo. Y si históricamente el precio de la mano de obra era bajo en Portugal, y los costes de energía y equipamiento (obtenidos a través de las importaciones) eran elevados, con el aumento de los costes laborales – «ya sea directamente, a través de los aumentos salariales, o indirectamente, a través de las cargas sociales, las indemnizaciones al personal, las cargas de las instalaciones, etc. recientemente instituidas en la legislación laboral» (Barros et al. 1968, 45) – y con la disminución de los costos de los equipos y de la energía – resultante de la creación de una industria metalmecánica nacional y del mantenimiento de los costos de la energía, la situación comenzó a poder revertirse, y fue en este contexto que se formó ICESA.

Un análisis de los diferentes procesos internacionales de prefabricación, en términos de consumo de materiales, niveles de mecanización, simplicidad y polivalencia de los moldes, así como la situación nacional en términos de costes relativos de mano de obra, materiales y equipos, pero también una comparación de los costes del cemento portland y del acero, entre Portugal y Francia, guiaron la elección de ICESA por el sistema francés Fiorio, y para la definición de toda la infraestructura productiva a instalar, correspondiente a un edificio sede en Lisboa (que concentra los estudios, la planificación, los servicios administrativos y comerciales), instalaciones fabriles permanentes en Póvoa de Santa Iria (dimensionadas para la producción de 3 viviendas por día con posibilidad de duplicación posterior), el primer emprendimiento en Santo António dos Cavaleiros, y la habilitación de ICESA como contratista de obras públicas y privadas (Barros et al. 1968).

El proceso Fiorio fue patentado en 1951 por dos hermanos, los ingenieros George y Henri Fiorio (Société Entreprises de Licence des procédés Fiorio), y utilizava grandes paneles de hormigón y ladrillo (Reaes Pinto 2022, 106). En los años 60, 11 fábricas en Francia y 5 en otros países (Italia, Austria, 2 en España y Portugal a partir de 1965) producían según esta patente (Barros et al. 1968, 51).

La aprobación para el mercado portugués fue solicitada a LNEC en octubre de 1963 por ICESA, en cumplimiento del RGEU (Regulamento Geral das Edificações Urbanas, 1951). Para las condiciones generales se ha utilizado la homologación del CSTB, y para las condiciones locales especiales (sísmicas, acústicas y térmicas) el dictamen debe ser del LNEC. Desde el punto de vista acústico y térmico no habría nada que oponer al uso del sistema. Desde el punto de vista sísmico, una homologación inmediata estaría bastante condicionada (a zonas de bajo riesgo sísmi-

co, y a pequeños edificios en otras zonas) por lo que fue necesario proceder a ensayos experimentales con modelos a escala real ejecutados por la Societé Fiorio en Limoux y transportados en camión a Lisboa, ya que la fabricación no estaba todavía implantada en Portugal (Barros et al. 1968, 61). La homologación se publicó en febrero de 1966 y la construcción de Santo António dos Cavaleiros comenzó el mes siguiente.

Entre la opción de instalaciones de producción de tipo móvil, en el emplazamiento del astillero, o de tipo fijo, en una ubicación independiente, a pesar de las ventajas en cuanto al coste de transporte de los paneles y la menor inversión que suponía el primero, la elección recayó en el segundo: unas instalaciones fijas situadas al norte de Lisboa, en Póvoa de Santa Iria. Una serie de factores contribuyeron a esta decisión.

La primera fue la intención de que la construcción de Santo António dos Cavaleiros fuera la primera de varias obras de la empresa, y que se esperaba que hubiera obras en el cinturón exterior de Lisboa, en ambas orillas del Tajo, así como en otras partes del país, concretamente en el Norte – y el fácil acceso de Póvoa de Santa Iria a las rutas ferroviarias, fluviales y a la única autopista existente en aquel momento. La segunda, la proximidad de las materias primas, con ladrillos y materiales plásticos fabricados junto a ICESA, cemento obtenido a 8 km, grava de canteras a 4 km, arenas del río Tajo desembarcadas a 2 km, yeso obtenido a 16 km y otros materiales obtenidos en Lisboa (Barros et al. 1968, 52).

El sistema Fiori, al consistir en paneles aligerados por elementos cerámicos, resultaba ventajoso por varias razones, a mencionar entre otras: i) Directamente a nivel económico al sustituir el volumen de hormigón (400$00/m3 – 2 euros) por un volumen de material cerámico (230$00 a 300$00/m3 – 1,15 a 1,5 euros). ii) Por la reducción del peso (panel de 22cm tenía una reducción del 45%) que se traducía en una reducción de las cargas verticales, pero también de los esfuerzos sísmicos, y en la «consecuente reducción del refuerzo de conexión necesario en las mallas de arriostramiento» (Barros et al. 1968, 47), así como en la reducción de la potencia de los equipos de manipulación y transporte y de su consumo energético. iii) No había necesidad de aceleradores de fraguado y gran inmovilización de mesas y moldes, por la contribución de los ladrillos y sus nervios en la aceleración natural del fraguado del hormigón «que permite la retirada de los paneles, levantándolos por rotación alrededor del borde inferior, unas 16 horas después del moldeo» (Barros et al. 1968, 48). iv) Por la no necesidad de refuerzo continuo (sólo dinteles y refuerzos ya utilizados en la construcción convencional). v) Por el aumento del aislamiento acústico a lo sonido percusivo y del aislamiento térmico, en relación con una solución enteramente en hormigón.

Los paneles con una altura de una planta se ejecutaron horizontalmente, en varias fases. En el caso de los muros resistentes de las fachadas de 21,5 cm de espesor (fig.2), hubo una primera fase en la que se colocó una escayola (de 1,5 cm de espesor) sobre lo molde, que correspondía al acabado de la cara interior (en todas las zonas de agua la escayola sería sustituido por mortero de cemento). Una segunda fase en la que se colocaron los ladrillos «con un perfil especial de 17 cm de espesor que asegura la continuidad del elemento cerámico», colocados a contrapunto y sin juntas (hileras horizontales cuando el panel se colocaba en posición vertical), una tercera fase correspondiente a la colocación de armaduras en los bordes inferior y superior de los paneles, en los dinteles, y en los refuerzos verticales y una última fase correspondiente al hormigonado (3 cm de espesor en la zona de los ladrillos) (Barros et al. 1968).

Sería posible proporcionar aislamiento térmico en los muros exteriores interponiendo, entre la capa de yeso y los ladrillos, láminas de 2 cm de grosor de fibra de lana aglutinada (de vidrio o mineral), pero aparentemente esto no se utilizó.

En el caso de los muros interiores, de 17 cm de espesor, éstos debían estar formados por una capa de yeso de 1 cm de espesor, ladrillos de 15 cm de espesor, en este caso con juntas de hormigón, y una última capa de yeso también de 1 cm de espesor. En estos paneles había refuerzos verticales que, junto con las juntas de los ladrillos, formaban un reticulado que garantizaba la resistencia estructural del panel.

Los muros interiores sin función resistente (tabiques), de 7 cm de grosor, se ejecutarían con ladrillos de 5 cm de grosor y yeso en ambas caras.

Los forjados, de 17 cm de grosor, se prefabricaron de la misma manera que los paneles en la posición en la que se iban a colocar en la obra: capa de yeso de 1 cm de grosor, ladrillos de 13 cm de grosor y nervios

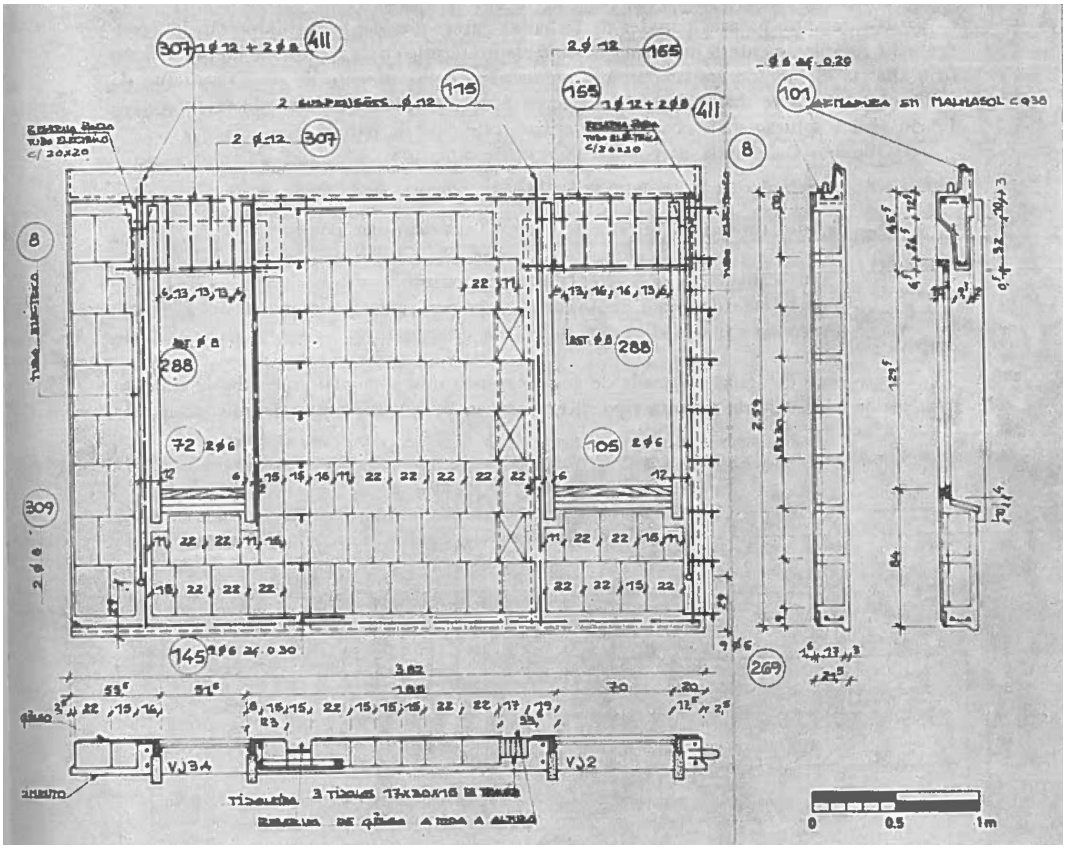


Figura 2
Paneles de fachada prefabricados de Santo António dos Cavaleiros (Barros et al. 1968)

de hormigón armado entre las filas de ladrillos, y una capa de compresión de 3 cm de grosor. Los forjados de las escaleras y los balcones serían de hormigón armado, sin ladrillos.

El diseño del borde inferior y superior de los paneles definió rebajes en el interior para ocultar el hormigonado in situ en la zona de conexión con los forjados (figura 3). En los bordes laterales, unos huecos más pequeños ocultarían el hormigonado in situ que conecta los paneles de la fachada, o entre la fachada y los paneles interiores.

En cierto modo, la ventaja de la prefabricación en estos paneles, en comparación con la construcción convencional de la época, proviene esencialmente de su ejecución en horizontal, y en fábrica, y no tanto en la reducción de la secuencia de tipos de obra o materiales.

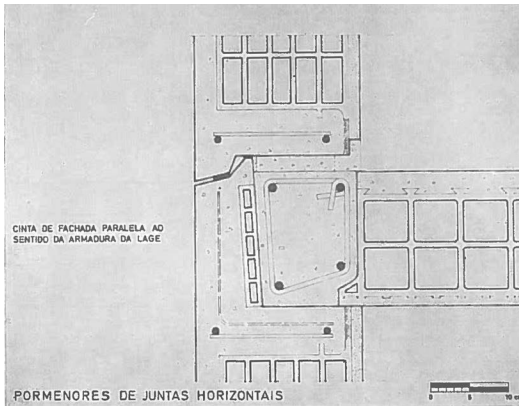



Figura 3
Sistema de anclaje entre los paneles de la fachada y los forjados, mediante el hormigonado in situ (Barros et al. 1968)

La sistematización del proyecto arquitectónico, con la implantación de un sistema regular para las dimensiones de los compartimentos de la vivienda, determinó también una mayor rentabilidad de todo el proceso. Cabe señalar que esta sistematización podría utilizarse en una construcción convencional, pero era obligatoria para la rentabilidad del sistema de prefabricación.

Desde el punto de vista del diseño urbano, se tuvo en cuenta la necesidad de establecer el recorrido de las grúas, como en la mayoría de los grandes edificios prefabricados. Sin embargo, la topografía y la gran extensión de la urbanización permiten un diseño orgánico de las vias, que trata de engañar la regularidad y la repetitividad de la construcción.

**Condominio Torre da Boavista – Porto**

El tercer estudio de caso es la primera experiencia en la ciudad de Porto de prefabricación pesada aplicada a un programa de viviendas, el condominio Torre da Boavista, de los años 70. Fue construido por la Sociedade de Construções Soares da Costa, fundada en 1918, con un diseño arquitectónico de Nuno Tasso de Sousa y un proyecto de estabilidad de Arménio Ribeiro Ferreira, como personal técnico de la oficina de proyectos Vértice, perteneciente a Soares da Costa. Corresponde a un ejemplo con una escala y un proceso muy distintos a los de Santo António dos Cavaleiros. En primer lugar, por la propia dimensión de la urbanización, sólo dos edificios adosados, construidos con un pequeño desfase temporal (un bloque de 7 plantas con permiso de obras en 1971, y una torre de 13 plantas, en 1973), unificados por una imagen común. En segundo lugar, por no utilizar un sistema patentado y por la decisión de la empresa de desarrollar sus propias soluciones técnicas, todavía de forma bastante artesanal y empírica. En tercer lugar, por la utilización parcial del sistema de prefabricación sólo en la fachada de los edificios y en algunos elementos singulares. El interés del proceso casi artesanal de ejecución justifica el análisis, así como el hecho de que estas obras sirvieron como primera prueba de prefabricación para la empresa Soares da Costa (Vale 2011-2012; Vale y Abrantes 2014; Vale 2016).

Cuando se inició el proceso de autorización municipal del bloque, las dos parcelas no pertenecían al mismo propietario, hecho que justifica el desfase del proyecto y la construcción, y que proporcionó la oportunidad de probar soluciones y afinar el sistema preconizado a lo largo de las fases de diseño y ejecución de las dos obras.

El permiso de construcción describe una estructura resistente de hormigón armado (pilares, vigas, muros en escaleras y forjados aligerados de viguetas pretensadas), y «muros exteriores dobles de ladrillo perforado de 0,11 m de espesor, cámara de aire de 0,05 y losas prefabricados acabados con árido de piedra en la cara exterior» (Ferreira y [Sousa] 1970). También se utilizarían elementos prefabricados en las barandillas de los balcones y en las chimeneas (Vale 2011-2012).

Esta opción del revestimiento prefabricado dio lugar a un diseño cuidadoso en cuanto a la modulación, la proporción, la relación entre las zonas opacas y las aberturas, y también a la búsqueda de soluciones de ejecución de la conexión entre los paneles del revestimiento y la estructura. Tasso de Sousa menciona explícitamente la influencia de la obra de Josep Lluís Sert en este proyecto (Vale 2007a).

Desde el punto de vista de la ejecución, en aquel momento Soares da Costa no tenía los conocimientos técnicos ni la capacidad tecnológica para responder a este reto, por lo que los dos proyectos se convirtieron en un laboratorio de pruebas, experimentando con soluciones de diseño, ejecución y montaje de los paneles.

Los dos proyectos difieren en denominación utilizada: el primero se denomina «losas prefabricadas» (Ferreira y [Sousa] 1970) y el segundo «paneles prefabricados» (Ferreira y [Sousa] 1972) con un espesor de 10 cm. Los elementos dibujados del proyecto arquitectónico y de hormigón armado, a pesar de la escala, ya representan la solución adoptada, en la forma y estereotomía de los paneles, así como la solución técnica y constructiva para fijarlos – los paneles debían trabajar entre forjados estructurales, empotrados (con la visibilidad de las vigas/forjados en la fachada), sin elementos de fijación mecánica ni hormigonado. En el diseño de los extremos de los elementos estructurales se define un sistema de encaje. La representación en el primer proyecto es más simple (sólo en un detalle), mientras que en el segundo proyecto este sistema se representa en el mapa de vigas, ya con detalle (CMPorto, Ferreira, y [Sousa] 1971, 1973).

Los paneles, de unos 40 cm de ancho (50 cm en el proyecto), tenían un grosor variable entre 10 cm en los bordes y 6 m en el centro, lo que permitía, por un lado, reducir el peso del panel sin quitarle resistencia y, por otro, garantizar un grosor suficiente para conformar las juntas entre paneles, y entre paneles y forjados. Los extremos horizontales y verticales de los paneles tenían rebajes, los primeros para encajar en los forjados y los segundos para aplicar el sellado entre paneles.

Según el responsable de la prefabricación, el Sr. António Baltazar (Vale 2007b), se consideraron inicialmente dos formas de ejecución de los paneles, hormigonado en dos fases o hormigonado único. Para mayores garantías de aspecto final y durabilidad, se optó por hormigonar el panel en una sola fase sobre una mesa/molde (no disponían de mesas vibratorias, la vibración se obtenía por percusión del mango del martillo sobre la mesa), correspondiendo la cara inferior a la cara interna. Cuando ya estaba fraguando, se colocaba el agregado pétreo en su superficie, apretado para que se introdujera en las capas superficiales del hormigón. Y cuando el panel ya podía colocarse en vertical, se lavaba con agua y un cepillo para eliminar la goma que se había acumulado en la superficie.

El montaje y el sellado entre paneles también compartían este aspecto de artesanía, experimentación e inventiva, y la primera obra sirvió de proyecto piloto para probar la solución, permitiendo aprender con los «errores». Un ejemplo fueron las dificultades de sellado encontradas al conectar los paneles a la estructura en el primer edificio, lo que llevó a un cambio de detalle en el segundo.

En el primer edificio, los paneles se encajan en los forjados al mismo nivel que los suelos interiores de las viviendas, con encaje macho-hembra en el borde inferior y superior del forjado (el borde inferior del forjado es hembra, el superior es macho). En el proyecto de la torre, los paneles se colocaron a un nivel más bajo que el forjado interior, asegurando que siempre hubiera una barrera de gravedad de 9 cm para la penetración de la humedad, y el forjado siempre es hembra. El detalle de la conexión sigue siendo el mismo, independientemente de la altura del elemento estructural, garantizando así el mismo grosor de forjado/viga leída en alzado, y el mismo voladizo, necesario para el soporte de los paneles (figura 4).

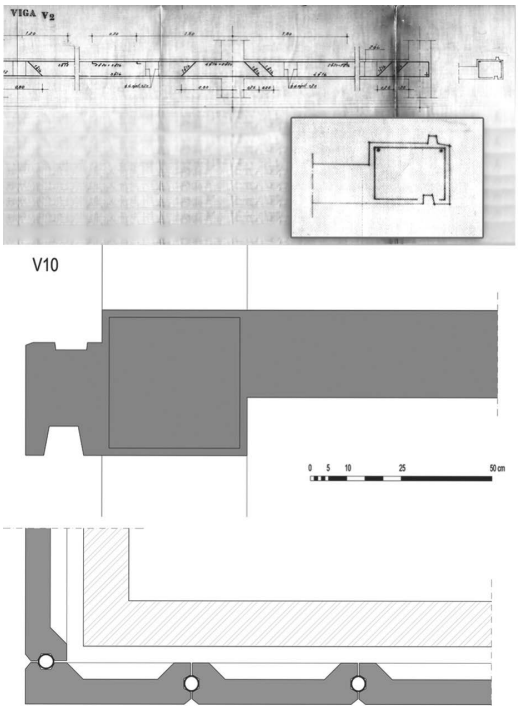



Figura 4
Detalles del condominio Torre da Boavista. Arriba, proyecto del primer edificio, con el sistema de conexión entre forjados y paneles. En el medio, el rediseño del proyecto de la torre, y su sistema de conexión. Abajo, detalle de la conexión entre paneles, utilizada en ambos edificios (CMPorto, Ferreira, y [Sousa] 1971, 1973; Vale 2011-2012)

En el primer edificio, el sistema de unión machihembrado determinó que, para poder ser montado, sería necesario dejar «puntos de entrada» – la zona de las ventanas, con una solución distinta, sin inserto macho-hembra – y los paneles deberían correr hasta su ubicación final. En la torre, el sistema de conexión permitió colocar el panel directamente en la ubicación final, lo que supuso menos trabajo de montaje.

Para el sellado vertical entre paneles, se utilizó una manguera, del tipo de riego, calentada en bidones de agua para hacerla más maleable, y se comprimió entre los paneles prefabricados en las ranuras (la manguera funcionó como sello y como fondo de la junta, permitiendo la posterior aplicación de un sellador adicional). En el segundo edificio, la junta de la manguera se aplicó también en la parte inferior del panel, con mayores garantías de estanqueidad del sistema.

Estos edificios se terminaron ya después de la revolución de 1974, y el aprendizaje realizado en su ejecución, así como la apertura de la empresa a la prefabricación y a una mayor industrialización de la construcción, llevan a su utilización en una serie de obras destinadas a responder al gran volumen de construcción en ese periodo postrevolucionario, necesario para satisfacer, entre otras cosas, las necesidades de vivienda del país. En ese momento, Soares da Costa era el líder nacional del sector de la construcción en Portugal, con unos 8.000 empleados. En 1981 creó Prégaia – Sociedade Pré-Fabricação, SA, que comenzó a operar en 1983, y es responsable de un número considerable y representativo de proyectos nacionales.

## Conclusión

Desde un punto de vista más cultural que tecnológico, en una primera fase, el deseo de implantar la prefabricación, expresado por arquitectos e ingenieros, era sobre todo un deseo de un mundo nuevo, de una nueva condición para un país aislado. Una entrada de Portugal en la modernidad. Las cuestiones de racionalidad y rentabilidad económica de los sistemas no se equipararon, y sólo con la ciudad jardín de Santo António dos Cavaleiros vemos un uso perfecto y objetivamente justificado de la prefabricación desde el punto de vista económico.

Analizados desde el punto de vista tecnológico, los tres casos de estudio son bastante distintos, entre un seguimiento paso a paso de los desarrollos internacionales, en el caso de Teixeira Rego/Precomate, una aplicación pasiva de una patente extranjera, en el caso de ICESA, y el desarrollo de soluciones propias, con todas las limitaciones y retrasos tecnológicos iniciales, en el caso de Soares da Costa. Pero todas ellas son contribuciones igualmente importantes a la industrialización de la construcción nacional, y son las de menor escala (Precomate y Soares da Costa) las que acaban teniendo un impacto más duradero en el panorama nacional.

## Lista de referencias


Antunes, M. Lourenço. 1964. Considerações sobre a pré-fabricação em Portugal. *Binário* (73):244-249.

Barros, M.J. Monteiro de; A. Jardine Neto; A Reaes Pinto y F. Ferreira de Almeida. 1968. O primeiro empreendimento no domínio da pré-fabricação pesada em Portugal. *Colóquio sobre pré-fabricação,* Lisboa.

Bento d'Almeida, Patrícia; Teresa Marat-Mendes y Michel Toussaint. 2019. A publicação da investigação científica produzida no LNEC nas revistas Arquitectura, Binário e Técnica. *Cidades [Online]* 39.

CMMatosinhos, Homero Ferreira Dias, y António Teixeira Rego. 1950. Licença de Obras nº 95. Matosinhos: Câmara Municipal de Matosinhos.

CMPorto, Arménio Ribeiro Ferreira y Nuno J. Tasso de [Sousa]. 1971. Licença nº 433/1971. In *Rua Beato Inácio de Azevedo 75*. Porto: CMPORTO-AG.

CMPorto, Arménio Ribeiro Ferreira y Nuno J. Tasso de [Sousa]. 1973. Licença nº 302/1973. In *Gaveto da Avenida da Boavista com a Rua Beato Inácio de Azevedo*. Porto: CMPORTO-AG.

Fernandes, Francisco Barata. 1999. *Transformação e Permanência na Habitação Portuense. As formas da casa na forma da cidade*. Porto: FAUP publicações.

Ferreira, Arménio Ribeiro y Nuno J. Tasso de [Sousa]. 1970. Memória Descritiva. In *Rua Beato Inácio de Azevedo* 75. Porto: CMPORTO-AG.

Ferreira, Arménio Ribeiro y Nuno J. Tasso de [Sousa]. 1972. Memória Descritiva. In *Gaveto da Avenida da Boavista com a Rua Beato Inácio de Azevedo*. Porto: CMPORTO-AG.

Freyssinet, E. 1949. Observations sur le béton précontraint. *Le Beton Précontraint. Extrait de Travaux n.os de Janvier et Fevrier,* 41-46.

Garrett, Antão de Almeida. 1958. A habitação prefabricada. *Revista Faculdade de Engenharia do Porto,* 25-30.

Gomes, Rui José. 1952. *Perspectivas da pré-fabricação na construção de habitações*, *publicação* 29. Lisboa: LNEC.

Gomes, Rui José. 1958. Pré-fabricação na construção de edifícios. *Binário* (1):15-19.

Gonçalves, Vasco; Vítor Figueiredo y Ana Tostões. 2004. Conversa com o Gen.Vasco Gonçalves, Eng.Vítor Figueiredo e Prof.ª Ana Tostões. *Forma e Estrutura no Bloco de Habitação, Património Moderno em Portugal,* 215-219.

Lalande, M. 1949. Diversités des Applications du béton pré-contraint. *Le Beton Précontraint. Extrait de Travaux n.os de Janvier et Fevrier,* 2-40.

Losa, Arménio. 1948. Indústria e Construção. *1º Congresso Nacional de Arquitectura, Lisboa, 1948.*

Reaes Pinto, Alberto. 2022. Total Heavy Prefabrication: Santo António dos Cavaleiros (SAC) and Quinta do Morgado (QM). Overview of the building process, exterior panel pathologies and a study for their rehabilitation. *CIDADES, Comunidades e territórios* (Sp22). doi: 10.15847/cct.25262.

Rego, António Teixeira. 1951a. A primeira construção Portuguesa de Betão pré-esforçado com cabos. *Separata da Revista da Ordem dos Engenheiros*.

Rego, António Teixeira. 1951b. Resposta à Circular do Director da Faculdade de Engenharia do Porto [22 de Junho de 1951]. Porto.

Rego, António Teixeira. [1953]. Empleo de los procedimientos Freyssinet en Portugal. *Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento*, 3-21.

Rêgo, António Teixeira. 1953. Carta ao Director da Faculdade de Engenharia do Porto [23 de Novembro de 1953]. Porto.

Teixeira, Joaquim José Lopes. 2004. Descrição do sistema construtivo da casa burguesa do Porto entre os séculos XVII e XIX. Contributo para uma história da construção arquitectónica em Portugal. *Provas de aptidão pedagógica e capacidade científica*, Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto.

Universidade do Porto. 1950. *Anuário 1948-1949*. Porto: Tip. e Enc. Domingos de Oliveira.

Universidade do Porto. 1959. *Anuário 1957–1958*. Porto: Tip. e Enc. Domingos de Oliveira.

Vale, Clara P. y Vítor Abrantes. 2014. An earlier example of Portuguese concrete prefabrication, the 'Torre da Boavista' condominium in Porto. *Sustainable Housing Construction - 40th IAHS World Congress on Housing, Funchal, Madeira*.

Vale, Clara Pimenta do. 2007a. Conversa com a Arquitecto Nuno Tasso de Sousa em Setembro de 2007.

Vale, Clara Pimenta do. 2007b. Conversa com o Sr. António Baltazar em Outubro de 2007.

Vale, Clara Pimenta do. 2011-2012. Um alinhamento urbano na construção edificada do Porto. O eixo da Boavista (1927-1999). Contributo para a História da Construção em Portugal no século XX. Tese de Doutoramento, Faculdade de Arquitectura da U. do Porto.

Vale, Clara Pimenta do. 2016. The 'birth' of concrete prefabrication in Portugal: Pioneer examples in Lisbon and Porto. *43rd International Committee for the History of Technology meeting, Porto, 26 a 30 de Julho*.

Vale, Clara Pimenta do; y Vitor Abrantes Almeida. 2012. Urban Dynamics and Horizontal Property: Case Study of the Boavista Axis, Porto, Portugal. *Nuts & Bolts of Construction History, Paris, 3-7 Julho 2012.*

Vale, Clara Pimenta do, Maria da Luz Sampaio, y Rui Fernandes Póvoas. 2021. The introduction of prestressed concrete in Portugal: Teixeira Rego role. *Proceedings of the Seventh International Congress on Construction History (7ICCH), Lisbon, Portugal, 12–16 July 2021.*

# La medina en la construcción con mocárabes en occidente

Mila Piñuela

El mocárabe es un elemento característico de la arquitectura islámica. En árabe recibe el nombre de *muqarnaṣ* o *muqarbaṣ*, según se use el término en el medio oriente o en el extremo occidental del área de influencia de esta arquitectura. Mocárabe, de hecho, es la traducción al castellano del término árabe que se usa en el extremo occidental. Respectivamente sus plurales son: *muqarnaṣāt, muqarbaṣāt* y mocárabes, (figura 1).

Esta comunicación viene a ser la continuación de otras dos comunicaciones anteriores en este mismo Congreso (Piñuela 2017, Piñuela 2019). La intención es seguir aproximándonos a los mocárabes que tenemos en nuestro entorno y para ello, vamos a seguir ahondando en un elemento que los acompaña y que está demostrando ser una buena vía para estudiarlos. Conocimos este elemento a través de los tratados de Carpintería de lo Blanco de Diego López de Arenas y Fray Andrés de San Miguel, por lo tanto, en el ámbito de los mocárabes de madera. López de Arenas dice de él que es un filete que a veces, no siempre, serpentea entre los mocárabes desarrollándose sobre ellos con un pequeño resalto y creando un cierto trazado geométrico. Dice también Arenas, que tiene un solo grosor y deja un procedimiento para insertarlo, aunque este aspecto, por ahora, sigue sin quedar claro.

En cualquier caso, es Arenas quien habla de este filete y quien deja un nombre con el que poder referirnos a él, la medina. Y es curioso, hasta qué punto es importante tener un nombre con el que referirse a algo, para poder buscarlo, identificarlo e incluso para poder analizarlo. Ya con nombre, vemos como, efectivamente, la medina serpentea entre los mocárabes en construcciones no solo de madera, también de yeso, pero además en construcciones que son, o al menos nos parecen, más tempranas y construcciones más tardías.

En la figura 2 vemos construcciones de mocárabes que cuentan con este filete en Tremecen, Toledo, Palermo, Granada y Fez, es decir en el occidente islámico. No es casualidad, ya lo apuntamos en las comunicaciones anteriores, la medina es un elemento característico de la construcción con mocárabes en el extremo más occidental del área de influencia islámica y esto se debe a que está estrechamente relacionada con la particularidad que estos tienen frente a sus parejos en el Medio Oriente, que no es otra que el estar enmarcados entre planos verticales. Lo que tienen en común, las medinas de estos ejemplos, es el hecho de reproducir un esquema de planos verticales que confinan mocárabes. Mocárabes que, de tener una raíz, un desarrollo interior, va a ser vertical. Esto solo lo vemos en el extremo occidental y además de forma muy temprana.

En el Medio Oriente, de donde parece que proceden, los mocárabes nunca dejan de estar encuadrados entre planos horizontales, tal y como explica Ghiyāth al-Din Jamshid Masud al-Kāshī en su texto «la llave de la aritmética» (Dold-Samplonius 1992).

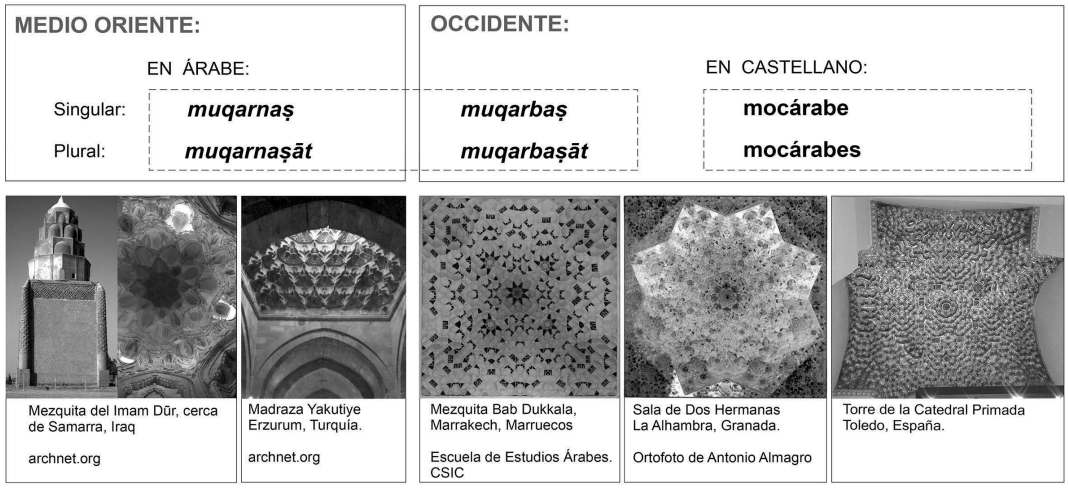



Figura 1
Ejemplos de bóvedas de mocárabes en el medio oriente y en el extremo occidental del área de influencia de la arquitectura islámica

En estas imágenes, además, también empezamos a percibir diferencias, no es la misma la medina que vemos en la techumbre de la Capilla Palatina de la primera mitad del siglo XII, que la medina que vemos en la techumbre de la Madrasa al-Bu'inaniya de Fez de la primera mitad del siglo XIV. La medina, a la par que los mocárabes, parece haber evolucionado, o lo que es lo mismo ha acompañado a los mocárabes en su evolución.

En líneas generales, podemos decir que con el tiempo el tamaño de los mocárabes ha disminuido a la vez que lo ha hecho el grosor de la medina. Por otro lado, aunque en la composición de la trama que describe la medina hay aspectos que se repiten a lo

Figura 2
Ejemplos de construcciones con mocárabes que tienen medina

largo del tiempo, lo cierto es que esa red geométrica también evoluciona. En la composición general, la malla tiende a enriquecerse a complicarse, reduciendo el tamaño del hueco en relación al conjunto, aunque en ese hueco la medina pueda llegar a albergar un mayor número de mocárabes.

Esta línea de análisis, todavía incipiente, nos está dejando información interesante que apunta a que la medina está relacionada, por un lado, con el diseño y la construcción de los elementos hechos con mocárabes, y por otro, con la evolución que a lo largo del tiempo se ha dado en estos aspectos. La medina está resultando ser algo más que un elemento que ha acompañado a los mocárabes durante toda su evolución, es un elemento que, en este extremo de área de influencia de la arquitectura islámica, organiza a los mocárabes. Y, además, parece que lo empezó haciendo de una manera y ha terminado haciéndolo de otra.

En la evolución de los elementos construidos con mocárabes, parece que diseño y construcción en todo momento están estrechamente relacionados y es difícil delimitar ambos aspectos, no obstante, ciertos indicios sobre los que seguimos trabajando apuntan a que en ejemplos tempranos la medina organiza los mocárabes al ser, al menos en parte, su soporte físico, un elemento auxiliar al montaje de los mocárabes, en tanto que en ejemplos más tardíos los organiza a nivel de diseño, conformando con su trazado lo que nos parecen piezas mayores constituidas por varios mocárabes, piezas que también serían prefabricadas y que son las que principalmente van a construir el elemento de mocárabes. Entre un extremo y otro la medina ha pasado de ser un elemento auxiliar con un papel constructivo, a ser un elemento de diseño del que incluso puede ya no quedar huella en el resultado final.

No obstante, en uno y otro extremo encontramos trazados de medina muy próximos a nivel de esquema. Un esquema similar, el del trazado de medinas, que, según esta idea que apenas estamos avanzando, sería el reflejo bien en positivo, en un extremo, o en negativo, en el otro, de procedimientos de montaje antagónicos. Nos queda mucho por saber de cada uno de estos extremos y de como se ha pasado de uno a otro.

En esta comunicación nos vamos a centrar en ese punto en el que la medina es un elemento de diseño, una forma de definir piezas prefabricadas mayores. Ponemos el caso de que estamos en torno al siglo XV. Vamos a ver como en una prefabricación por pasos podemos encontrar no solo la explicación constructiva de las complejas construcciones de ese momento, también la solución a sus complejos diseños.

Esta línea de investigación ya quedo apuntada en la última comunicación. En ella nos enfrentamos a tres techumbres de mocárabes de madera y planteamos para cada una de ellas una posible forma de construcción. En dos ejemplos, el de la Capilla de Santa Catalina y el de la Torre de la Catedral Primada, ambos en Toledo, nos pareció ver un procedimiento que bien podía ser una interpretación hecha desde el oficio de la Carpintería de lo Blanco de la construcción con mocárabes. En cambio, en el tercer ejemplo, el que cubrió el Salón de Linajes en el Palacio del Infantado de Guadalajara, veíamos aspectos que relacionábamos con otros ejemplos en yeso de la Alhambra. Para empezar este tercer ejemplo tenía, como los de la Alhambra, y a diferencia de los anteriores, medinas. Claramente intuíamos que la propuesta que planteábamos para la techumbre de madera del salón de Linajes, de alguna manera tenía que ver con la forma en la que se habrían construido los ejemplos de yeso de la Alhambra.

En el ejemplo de madera del Salón de Linajes, las medinas reflejaban una división del conjunto en grupos de mocárabes o adarajas, como los llaman los carpinteros. Grupos que a su vez veíamos que se organizaban en anillos concéntricos, anillos mayores que se alternaban con anillos menores. Según nuestra propuesta, en los primeros, esos grupos de mocárabes serían piezas compuestas, piezas formadas por adarajas dispuestas en torno a un nabo del que luego la propia pieza iría colgada. En cambio, los anillos menores, de poca entidad, podrían haberse montado clavando, una a una, piezas elementales (adarajas y tramos de medina). Al tratarse de una techumbre de madera planteábamos la dirección de montaje inversa a la que habíamos planteado para ciertos ejemplos de yeso en la arquitectura saadí (Piñuela 2022). Se habría empezado esta techumbre por el elemento central que, en este caso, al ser una planta rectangular, sería un eje, y se habría avanzado hacia el perímetro con los sucesivos anillos. Por lo que cada uno de los anillos menores constituido tal y como hemos planteado, habría servido para zunchar lo que dejaba dentro, a la vez que habría preparado acomodo a las siguientes piezas en entrar que serían las piezas compuestas del siguiente anillo.

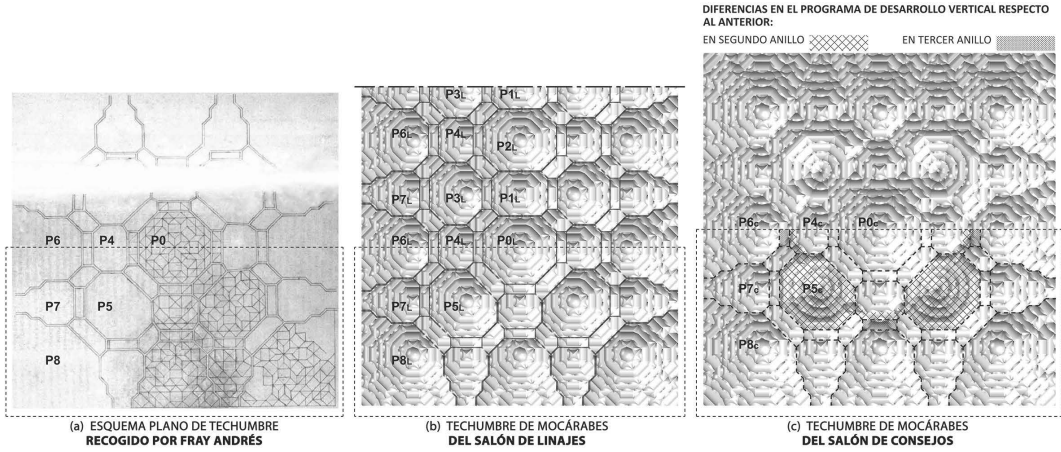



Figura 3
Techumbres de mocárabes: (a) Esquema plano de piezas para techumbre recogido por fray Andrés de San Miguel en su Tratado de Carpintería de lo Blanco. (b) y (c) Esquemas en 3D de las techumbres de los salones de Linajes y de Consejos del Palacio del Infantado de Guadalajara. Sobre la mitad inferior del esquema del Salón de Consejos se esboza con una línea a trazos el esquema de división que marca la medina en los otros dos ejemplos y se marca con tramas las diferencias en cuanto a desarrollo vertical de esta techumbre respecto a la del Salón de Linajes

Además, ya entonces observamos que el esquema de prismas y medinas de la techumbre del Salón de Linajes era llevado al rectángulo, exactamente el mismo esquema de prismas y medinas que recoge Fray Andrés en su tratado de Carpintería de principios del XVII (figura 3 (a) y (b)). Teníamos por lo tanto un ejemplo real y un esquema plano en planta que se relacionaban, un esquema plano en planta de prismas y medinas que, según nuestra propuesta de montaje, no es otra cosa que un esquema plano de piezas, de piezas elementales y de piezas compuestas.

La pregunta quedaba en el aire, ¿se habrían construido otras techumbres a partir del mismo esquema plano de piezas que recoge Fray Andrés?

La respuesta no se hizo esperar. Gracias a planos del Palacio del Infantado de en torno a 1863 conocimos, poco después, la existencia de una segunda techumbre de mocárabes que cubrió el Salón de Consejos en el mismo Palacio. Con esos planos y fotografías antiguas, pudimos levantar su esquema en 3D y al compararlo con el ejemplo del Salón de Linajes y con el dibujo plano del tratado de fray Andrés, observamos que los 3 esquemas tenían la misma disposición de focos en el arranque, es decir la misma disposición de centros en torno a los que se ordenaban los mocárabes, o lo que es lo mismo, la misma disposición para los nabos en torno a los que se habrían tenido que prefabricar las piezas compuestas. Al profundizar en el análisis, llegamos a que los tres esquemas tenían la misma disposición de prismas (Piñuela 2021).

A nivel de esquema plano, la única diferencia que apreciamos en la segunda techumbre es que no tenía filete, es decir no tenía lo que entonces llamábamos medina. Pero no parecía que eso justificase una forma de montaje distinta a la que habíamos propuesto para la techumbre del Salón de Linajes. Aunque esta propuesta se fundamentara precisamente en el esquema de división que refleja la medina.

Esto nos llevó a esbozar sobre esta segunda techumbre, con una línea a trazos, el esquema de división que refleja la medina en el ejemplo del Salón de Linajes y en el esquema plano que recoge fray Andrés en su tratado (figura 3(c)), y vimos como claramente emergían las piezas, esas piezas compuestas que son las que principalmente construyen la techumbre. Además, el esquema de división nos permitía observar claramente cuáles son las diferencias que, a nivel de desarrollo vertical de piezas, tiene esta segunda techumbre respecto a la primera. Muy pocas, la pieza P5 que en el Salón de Consejos se de-

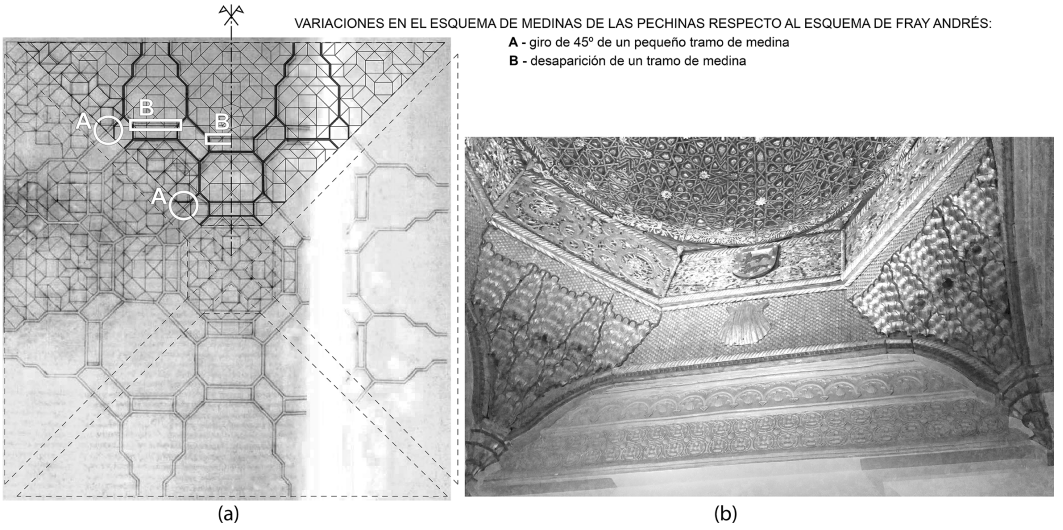



Figura 4
Pechinas de la media naranja del Palacio de los Cárdenas de Torrijos, Toledo. Hoy en el Museo Arqueológico de Madrid. (a) Esquema de prismas y medinas redibujado sobre el esquema de fray Andrés. En blanco se marcan las variaciones entre ambos. (b) Fotografía de dos de las pechinas

sarrolla verticalmente como racimo, en el Salón de Linajes se desarrolla como cubillo. En cuanto a la pequeña secuencia del tercer anillo, marcada con un sombreado en la figura, en el Salón de Consejos prolonga el desarrollo del cubillo que deja fuera, en tanto que en el Salón de Linajes prolonga el desarrollo del cubillo que deja dentro. En cuanto al desarrollo vertical de las piezas no hay más variaciones entre las dos techumbres.

Por otro lado, tenemos que en un caso se ha conservado la proporción cuadrada del esquema de fray Andrés y en el otro se ha extendido el esquema al rectángulo. Además, en un caso se ha decidido reproducir la medina como filete y en el otro se ha decidido no reflejarla físicamente. Por otro lado, tienen distinto tamaño, es decir lo que los carpinteros llaman distinto grueso de mocárabe.

¿Se habrán construido otros techos a partir del esquema plano de fray Andrés? Desde luego es posible. Por ahora, donde lo hemos encontrado es en otro formato. Solo con dividir el esquema de fray Andrés por sus diagonales, tenemos, con mínimas variaciones reflejadas en blanco en la figura 4(a), el esquema de las pechinas sobre las que se asienta la media naranja que podemos ver en el Museo Arqueológico de Madrid y que perteneció al Palacio de los Cárdenas de Torrijos (figura 4(b)).

El hecho de convertir un cuarto de techo en pechina, de alguna manera permite un programa de desarrollo vertical muy distinto, si en el Salón de Linajes todo parecía desarrollarse como cubillo, en este caso todo parece desarrollarse como racimo. De hecho, si uniéramos las cuatro pechinas formarían un gran racimo, de alguna manera, la antítesis de una cubierta.

Según esto, parece que igual que en la preparación de las piezas, también en el diseño existe un cierto grado de prefabricación por pasos, un esquema plano en planta puede ser la base de múltiples diseños definitivos. Y no solo porque el esquema plano deje sin definir el desarrollo vertical de las piezas, estos tres diseños definitivos nos han mostrado como el esquema base se puede estirar hasta el rectángulo y cuartear en trozos.

## Un patrón lineal detrás de los cuatro esquemas vistos

Esto nos ha llevado a preguntarnos si realmente estos tres ejemplos reales responden al esquema plano

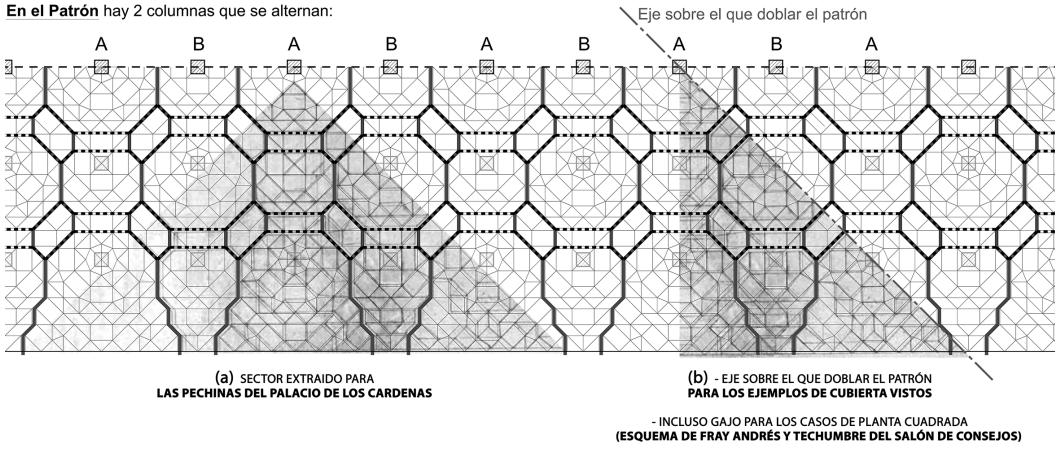



Fig. 5
Patrón lineal de prismas y medinas tras los ejemplos reales vistos. (a) Sector extraído para las pechinas de la media naranja del Palacio de los Cárdenas. (b) Eje a 45°, sobre el que voltear el patrón para las cubiertas cuadrangulares, incluso el gajo que se habría podido extraer para obtener las plantas cuadradas de la techumbre del Salón de Consejos y del esquema que recoge fray Andrés en su tratado

de fray Andrés o si el esquema de fray Andrés, al igual que esos tres ejemplos, responde a un paso anterior. Analizando los cuatro esquemas llegamos a un común denominador, un patrón lineal de prismas y medinas. Un patrón que resolvería cualquiera de los esquemas que hemos visto, sin más que extraer de él un sector, como en el caso de las pechinas, o doblarlo simétricamente en cada uno de los ángulos del espacio a cubrir respecto a la bisectriz del ángulo, en el caso de las techumbres o, incluso, extraer un gajo de 45º que voltear ocho veces en el caso de las techumbres cuadradas (figura 5(a1)).

## Esquemas en planta del patrón anterior

El crecimiento en el sentido longitudinal es inherente al propio patrón, pero este, además, lleva impreso un posible el crecimiento transversal. Solo hay que fijarse en la pauta con la que se ordenan dos grupos de adarajas distintos, claramente definidos por el trazado de la medina. En la figura 6(a1) marcamos esos dos grupos con una línea de puntos y vemos, como cada grupo está conectado con sus iguales diagonalmente, a la vez que, en cada columna y en cada fila los dos grupos distintos se alternan. Siguiendo este criterio se puede ampliar el patrón también verticalmente. Tendríamos por lo tanto un patrón original, el que hemos obtenido a partir de los ejemplos que hemos visto y otro ampliado, del que, al igual que del original, se pueden obtener esquemas planos en planta cuadrada y rectangular (figuras 6 (b2) y (b3)).

Se da el caso de que los ejemplos y esquemas de cubiertas que hemos visto doblan el patrón en el mismo punto, el punto que hemos llamado $C_1$ en la figura 7, pero, puesto que este patrón tiene dos columnas distintas, podríamos plantear por ejemplo doblar el patrón aplicando el eje de simetría en el centro de la otra columna, el punto $C_2$. Del mismo patrón obtendríamos esquemas distintos en planta cuadrada y rectangular. Esta variación cambia especialmente el ángulo, es por lo que especialmente distintos serán los esquemas de planta cuadrada, los esquemas rectangulares cambian en los extremos, donde dobla el patrón, sus tramos centrales coinciden al ser donde se desarrolla limpiamente el patrón que comparten (figura 7).

Por otro lado, si nos fijamos en los esquemas cuadrados, tenemos que un gajo de 45°, en el que encajan las bases de los mocárabes, al voltearse sobre sí mismo ocho veces en torno a su vértice, $C_1$ o $C_2$, cubre exactamente los 360°, lo que le permite confor-

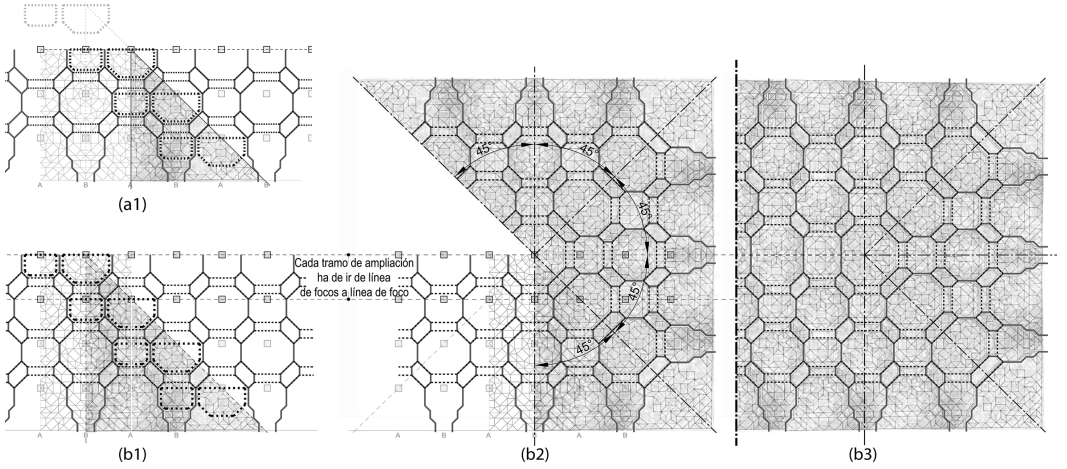



Figura 6
Ampliación transversal del patrón de partida. (a1) Pauta de desarrollo de dos grupos distintos en el Patrón original. (b1) Patrón ampliado a partir del anterior. (b2) Desarrollo en planta cuadrada a partir del patrón ampliado. (b3) Desarrollo en planta rectangular a partir del patrón ampliado

mar una planta centrada con forma de cuadrado. Si tomamos un sector del patrón, o gajo, con un ángulo mitad de 45°, al voltearlo sobre sí mismo el doble de veces que el de 45° volvería a cubrir los 360°. Por lo tanto, podríamos plantear extraer del patrón gajos con ese ángulo mitad.

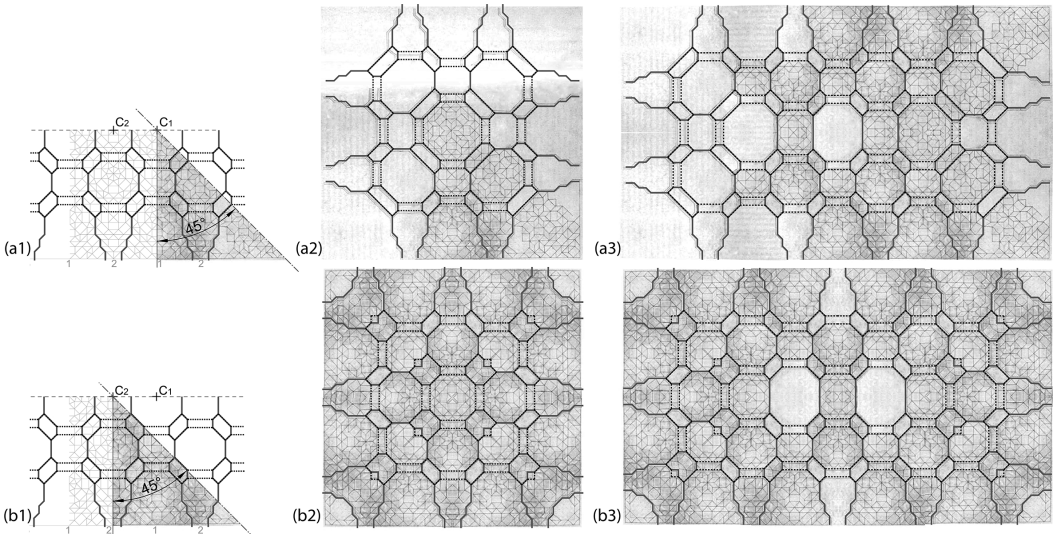



Figura 7
Otros posibles esquemas de planta cuadrada y rectangular a partir del mismo patrón. (a1) Doblez del patrón en el punto CA, es donde dobla el esquema que recoge fray Andrés (a2) y el esquema de la techumbre del Salón de Linajes (a3). (b1) Doblez del patrón en el punto CB, surgen esquemas en planta cuadrada y rectangular distintos (b2 y b3)

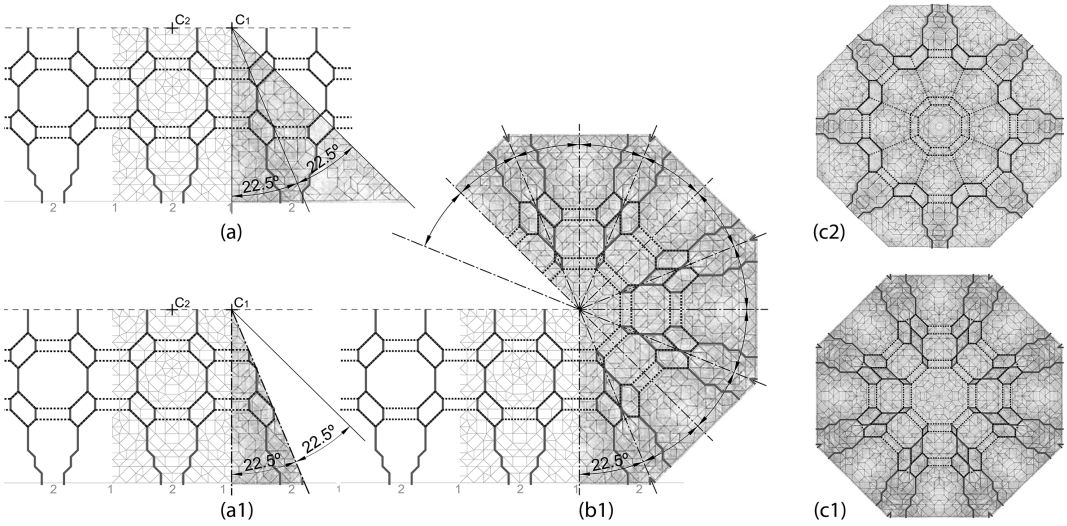



Figura 8
Formación de una planta con forma de octógono a partir de un patrón lineal de prismas y medinas. (a) Gajo mitad de 45° interior. (b) Desarrollo en octógono. (c) Dos posibles octógonos que se pueden obtener a partir del patrón que estamos considerando

En la figura 8(a) extraemos del patrón la mitad interior del gajo de 45° situado en el punto $C_1$. Al voltearlo repetidas veces en torno a su vértice $C_1$, vemos como se forma un octógono. Un octógono que, a falta de pequeños ajustes, tiene definido un complejo esquema de medinas que además lleva resuelto un posible despiece de prismas. Como hemos visto en el punto anterior, podemos elegir otro punto del patrón

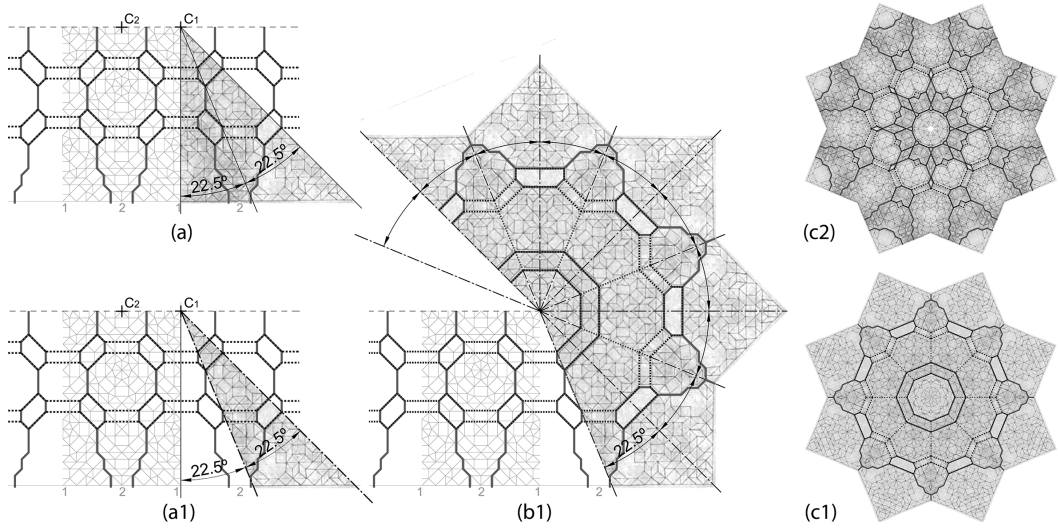



Figura 9
Formación de una planta con forma de estrella a partir de un patrón lineal de prismas y medinas. (a) Gajo mitad de 45° exterior. (b) Desarrollo en estrella. (c) Dos posibles estrellas que se pueden obtener a partir del patrón que estamos considerando

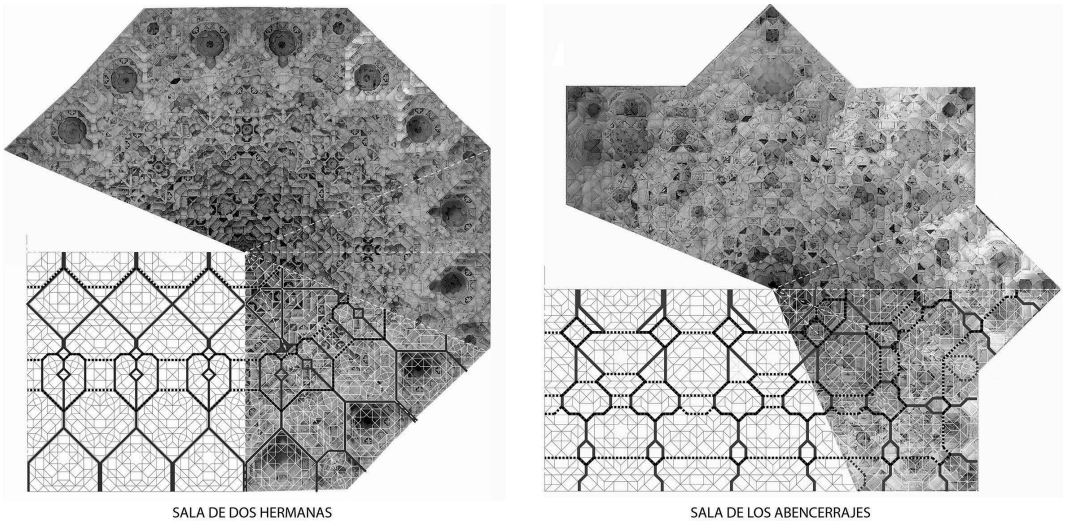



Figura 10
Aproximación a un posible patrón de partida para las bóvedas de la la Sala de los Abencerrajes y de la Sala de Dos Hermanas de la Alhambra. Composición hecha sobre ortofotos de D. Antonio Almagro

del que extraer este medio gajo interior. Volvemos a tomar el centro C de la segunda columna, el punto $C_2$ y obtendríamos un segundo octógono (fig. 8 (c1) y (c2)). Una composición en octógono la tenemos por ejemplo en la bóveda de mocárabes que cubre la Sala de Dos Hermanas en la Alhambra de Granada.

En la figura 9(a) recuperamos la otra mitad del gajo de 45° situado en el punto $C_1$, la mitad exterior. Al voltear ese sector repetidas veces en torno a su vértice $C_1$, vemos como en este caso se forma una estrella. Una estrella que a falta de pequeños ajustes tiene definido un complejo esquema de medinas que lleva resuelto un posible despiece de prismas. Igual que en el caso anterior, podríamos tomar otro punto del que extraer ese sector de 22,5° y obtener otra estrella. En la figura 9 recogemos las estrellas obtenidas a partir de los puntos $C_1$ y $C_2$ (fig. 9 (c1) y (c2)). Solo hay que cruzar el patio de los Leones de la Alhambra para ver un ejemplo con esta otra composición en estrella, la techumbre de la Sala de los Abencerrajes.

## Conclusión

Si en su momento planteamos que un paso previo a un diseño definitivo de una techumbre de mocárabes podía ser un esquema plano de prismas y medinas, es posible que, para los ejemplos más evolucionados, con esquemas de medinas más complejos, haya un paso anterior, un patrón lineal de prismas y medinas o, lo que es lo mismo, un patrón lineal y plano de piezas: de piezas elementales por un lado, los prismas base de los mocárabes y de piezas compuestas, esas que delimita la medina.

Sobre los ejemplos de Dos Hermanas y los Abencerrajes, en la figura 10, esbozamos un posible patrón líneal, patron que muy probablemente no fué el de partida. Somos muy conscientes que sobre este primer paso que proponemos, debía de haber ajustes. Ajustes en el trazado de la medina y por lo tanto en sus grosores, si era el caso. Y ajustes en la composición de prismas. En cualquier caso, ajustes mínimos fáciles de ejecutar sobre un gajo de partida y que más allá de resolver la propia conexión ente los gajos en primera instancia, podrían obedecer a consideraciones esteticas o tecnicas de cara al montaje y al encaje de piezas.

En cualquier caso, manipular sobre un gajo de partida con un esquema encajado de prismas y medinas, es sensiblemente más factible que intentar conformar un esquema de esta envergadura sobre la planta.

## Agradecimientos

Quiero mostrar mi mas sincero y afectuoso agradecimiento a los amigos con los que empezó esta aventura, a Julián López Parras, a Antonio Ruiz Hernando, a Rosuca y a Alicia López Lanusse y a otro amigo de los que he hecho por el camino, a Iñigo Almela, al que recurro constantemente pidiendo ayuda y parecer.

## Lista de referencias

Dold-Samplonius, Yvonne. 1992. Practical Arabic Mathematics: Measuring the Muqarnas by al-Kāshī. *Centaurus* Vol. 35: 193-242.

Piñuela, Mila. 2017. Sobre la traza de los mocárabes: adarajas, medinas y la pieza «grullillo» de López de Arenas. Huerta, S., Fuentes, P., Gil Crespo, I. J. (eds.) *Actas del Décimo Congreso Nacional y Segundo Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la construcción,* Vol III, Madrid: Instituto Juan de Herrera:1267-77.

Piñuela, Mila. 2019. Bóvedas de mocárabes en la carpintería de lo blanco. Huerta, S., Redondo Martínez, E., Gil Crespo, I., J. Fuentes, P. (eds.) *Actas del Undécimo Congreso Nacional de Historia de la construcción* Vol II, Madrid: Instituto Juan de Herrera: 885-895.

Piñuela, Mila. 2021. Sobre dos techos de mocárabes en el Palacio del Infantado de Guadalajara. Rafael Marín Sánchez. (ed.) *Revista de Historia de la Construcción*, Vol 1: 11-36.

Piñuela, Mila. 2022. Bóvedas de mocárabes en las construcciones sadíes. Almagro, A. (ed.) *Arquitectura saadí. Marruecos 515-555.* En prensa.

# El Castillo de Segart (Valencia). Aproximación métrico-constructiva y análisis de singularidades

María Pitarch Roig
Laura Guiomar Mantecón Tagarro
Pasqual Herrero Vicent
Joaquín Alfonso Llorens

El castillo de Segart se alza sobre un montículo al norte de la población del mismo nombre, en la provincia de Valencia. A 300m sobre el nivel del mar, se encuentra en un entorno privilegiado dentro de la Sierra Calderona, muy próximo al monte Garbí. Nos encontramos ante un conjunto defensivo de reducidas dimensiones, pero con una situación clave dentro del territorio.

Se ha redactado un Plan Director de recuperación del bien para el que se han realizado una serie de estudios previos de documentación por parte de un equipo multidisciplinar compuesto por arquitectos, arqueólogos e historiadores. La posibilidad de acceder a los restos del castillo de forma cómoda ha permitido aumentar el conocimiento del bien mediante el análisis in situ de las fábricas conservadas. Dada la escasa información de carácter documental hallada, estos análisis han resultado imprescindibles para iniciar la interpretación constructiva del bien y su evolución histórica.[1]

## Contexto histórico

La escasez de referencias documentales invita a estudiar el contexto histórico de la fortaleza con una visión más amplia, en paralelo a las de otras fortificaciones similares de la Sierra Calderona. El castillo y la población se encuentran en la Vall de Segart, que, por sus recursos y su posición como elemento de comunicación entre las dos vertientes de la Sierra Calderona, fue un enclave habitualmente poblado desde la Prehistoria.

Aunque se han hallado restos que parecen indicar la presencia de un poblado íbero en el cerro y, por lo tanto, indicios de ocupación del territorio en épocas anteriores, el origen del castillo de Segart se vincula a una antigua fortificación andalusí (*hsin* entorno a los siglos XII y XIII). En la ladera norte del castillo se han encontrado enterramientos islámicos y el núcleo urbano se desarrollaría asociado a la fortificación en la ladera. Éste sería, probablemente, un pequeño hábitat o alquería (*qura*) no fortificada.

Se tiene constancia de la conquista del castillo de Segart y de otros de la comarca del Camp de Morvedre hacia 1233, manteniéndose la ocupación musulmana. Desde este momento la fortificación fue cambiando de propietarios hasta la expulsión de los moriscos en 1609, cuando quedó temporalmente deshabitada. En 1611 se le otorga la carta de población y se repuebla el territorio.

El castillo aprovecha su posición elevada como defensa natural, estableciendo una relación de dominio sobre el núcleo de población y el entorno. Su actual estado de ruina es consecuencia del abandono, la pérdida de funcionalidad y la falta de trabajos de conservación o restauración. En las diversas fotografías del siglo XX ya puede verse un avanzado estado de deterioro, con un perfil similar al actual.

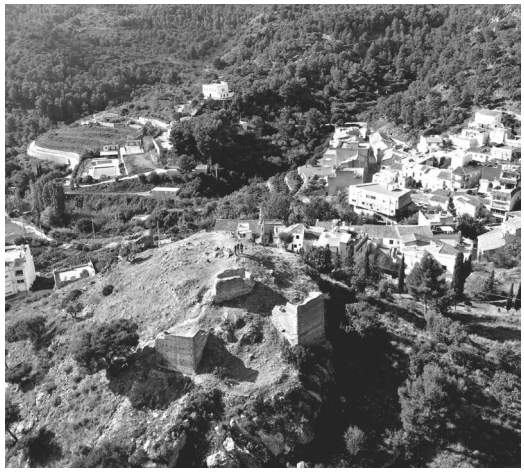


Figura 1
Vista general del castillo de Segart con el municipio al fondo (LevArq)

Figura 2
Castillo de Segart en 1976 (Fondo Mario Guillamón Vidal. Biblioteca Valenciana, Fondo gráfico)

## Descripción del edificio

El castillo de Segart es una fortificación de tipo medieval con planta irregular que se adapta a la orografía del terreno. Pese a sus reducidas dimensiones, pudo ser una fortaleza importante por su ubicación y características constructivas. Estaba formado por varios recintos y construcciones amuralladas entre las que cabe destacar las tres torres que se conservan y el aljibe central. Estas tres torres debían estar enlazadas entre sí a través de una muralla de la que apenas pueden verse indicios actualmente. Los restos visibles del conjunto ocupan una superficie aproximada de 1.122 m2 sobre el cerro.

Las tres torres se reparten de forma asimétrica: dos al norte (T01 y T02) y una al sur (T03). Las dos de la zona norte son de planta rectangular, con una base de 5,02 x 4,68 m (según los restos visibles). Están separadas entre sí unos 10 m y giradas la una respecto a la otra unos 62º. Ambas están realizadas mediante muros de tapia calicostrada reforzada con mampuestos en las esquinas y en las zonas débiles. Para evitar el contacto directo del tapial sobre el terreno, las torres cuentan con un zócalo de muro de tapia de mampuestos de piedra de rodeno y hormigón de cal, de altura variable entre 1,17 y 1,5 m.

La tercera torre (T03), ubicada al sureste del recinto, es de planta cuadrada, con base de 5,22 x 5,22 m. En el lienzo norte de la misma se conserva lo que parece ser el hueco de acceso a la torre. Está parcialmente enterrado y su geometría se halla muy desdibujada, pero se puede detectar un ligero abocinamiento hacia el interior, así como las caras lisas que formarían los laterales. En este caso los muros conservados son de tapia de mampuestos de rodeno con hormigón de cal. Esta torre, la más próxima al núcleo urbano, se diferencia de las otras dos por su materialidad y geometría, lo que lleva pensar que puede pertenecer a una fase de ejecución distinta: tal vez se construyera en los siglos XIII–XIV, coincidiendo con el desarrollo de la Guerra con Castilla.

Por la configuración de los elementos, se intuye un posible acceso al recinto desde la zona norte, junto a la torre noreste (T01), donde concluye el camino de subida desde el pueblo y el desnivel es menos escarpado. No obstante, no hay evidencias de que éste fuera el acceso original.

Otro elemento relevante del castillo, tanto por su ubicación y conservación como por sus valores funcionales, es el aljibe central. Ubicado en la parte más elevada del interior del recinto y muy próximo a las torres norte, tiene planta rectangular de 4,98 x 3,4 m. Su eje longitudinal (sensiblemente este-oeste) se alinea en paralelo con una unión ficticia entre dichas to-

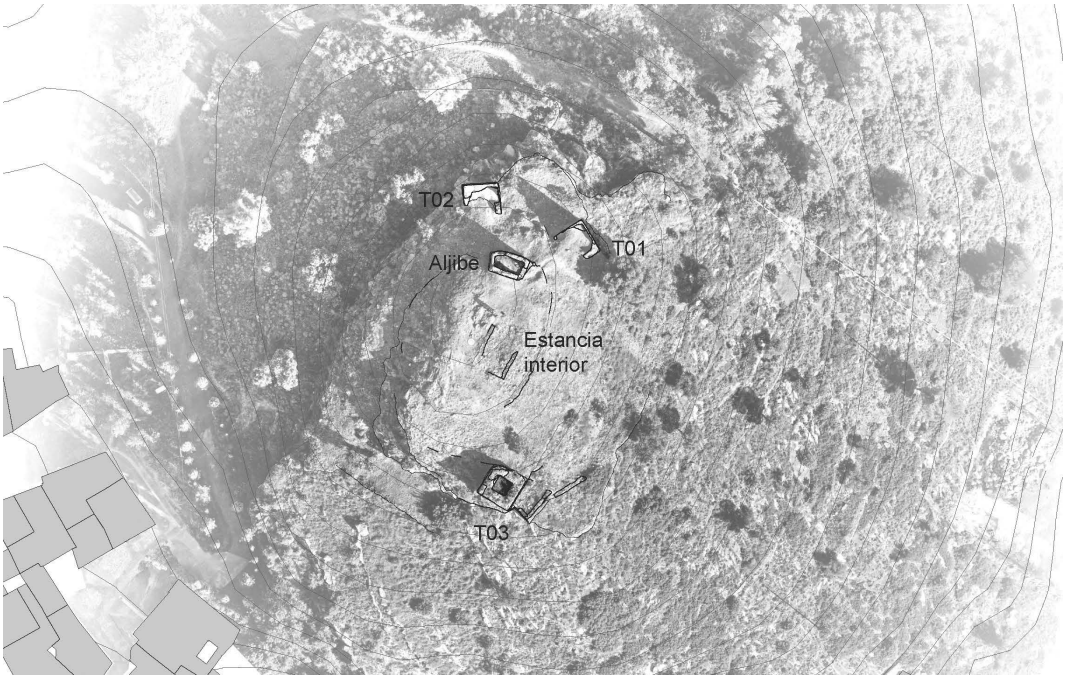



Figura 3
Planta general del castillo de Segart (El fabricante de espheras 2021)

rres. Los muros son de tapia de mampuestos con hormigón de cal, con un revestimiento interior de mortero de cal para dotarlo de la estanqueidad necesaria. En algunos puntos pueden verse indicios de reparaciones posteriores que llevan a pensar que su uso fue prolongado en el tiempo.

Se han localizado también restos de otras estructuras pertenecientes al castillo, posiblemente configuradoras de los recintos o estancias interiores, cuyo trazado sólo podrá definirse durante los futuros estudios arqueológicos del bien. En la zona norte, entre las torres T01 y T02 se ha identificado un arranque de muro junto a la esquina de la torre noreste que, por su desarrollo, podría corresponder a un lienzo de unión entre ambas torres. Aunque no se puede determinar el tipo de fábrica con los escasos restos visibles, se observan fragmentos de muro de mampostería y mortero.

Entre la torre noreste y la torre sureste existen más fragmentos de muro de características similares y, al sureste de la torre T03, se han localizado restos de un hipotético trazado exterior de unión con los otros elementos defensivos. Se trata de dos pequeños fragmentos de muro de mampostería y mortero cuyo sistema constructivo, al igual que en el caso anterior, se concretará más adelante cuando puedan realizarse estudios arqueológicos in situ.

Por otra parte, también se conservan restos de un muro de mampostería y argamasa de mayores dimensiones que rodeaba la parte superior del castillo desde la esquina noreste del aljibe. Se conservan dos fragmentos visibles de este muro, siendo el más grande de 1 m de altura y 3 m de longitud aproximadamente.

De las posibles estancias interiores sólo se han identificado unos restos murarios de mampostería y mortero junto a un afloramiento de rocas de gran tamaño que configurarían una pequeña estancia.

De forma general, cabe señalar que el actual estado de conservación del castillo de Segart es deficiente ya que los restos se encuentran totalmente expuestos a los agentes atmosféricos, biológicos y antrópicos y, hasta el momento de redacción del Plan Director, había una completa falta de documentación y mantenimiento. El aire, el agua y la humedad han provocado la mayor parte de las lesiones, entre las

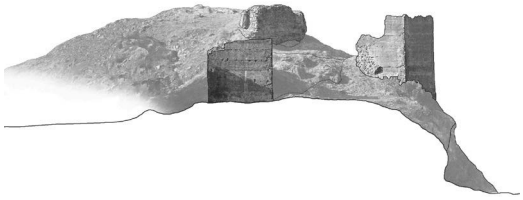


Figura 4
Sección general del castillo de Segart por el lado noreste. De izquierda a derecha, torre noreste (T01), aljibe y torre norte (T02) (El fabricante de espheras 2021)

que cabe destacar la erosión y la pérdida de material (superficial y profunda). Además, gran parte de las estructuras se encuentran sepultadas por una capa de material arqueológico que, en muchos casos, es lo que frena el colapso total de la fortaleza.

En el siguiente apartado se profundizará el análisis geométrico y material de las construcciones de mayor relevancia del conjunto: las tres torres y el aljibe.

Figura 5
Fotografía de la torre noreste (T01)

## Caracterización de los sistemas constructivos y de los tipos de fábricas. Análisis geométrico

### Torres norte y noreste

En la zona norte del castillo se conservan dos torres de dimensiones similares y de planta rectangular que presentan una ubicación singular ya que se encuentran ligeramente giradas la una con respecto a la otra (62º entre ellas[2]). Hasta el momento se desconoce la razón por la que las torres están orientadas de esta manera, pero probablemente tiene que ver con la orografía del terreno y, posiblemente, con la ubicación del acceso original al castillo.

Son dos torres de dimensiones considerables, con una base de 5,02 (12 codos geométricos o comunes[3]) x 4,68 m[4]. La altura conservada es de 5,02 m en el caso de la torre T01 (torre noreste del recinto) y 7,05 m en el caso de la torre T02 (torre norte del recinto) desde la cota actual del terreno.

La base o zócalo de las torres es un muro de tapia de mampuestos y hormigón de cal de altura variable (entre 1,17 y 1,5 m de altura) y ejecutado con mampuestos de piedra de rodeno de tamaño variable. Este zócalo sirve como elemento regularizador de la superficie de apoyo de las torres (que descansan directamente sobre la roca que forma el terreno natural irregular existente) y como elemento protector y separador entre el terreno natural y el tapial utilizado en el cuerpo de las torres.

En el caso de la torre noreste, el muro que actúa como base es un muro de tapia de mampuestos y hormigón de cal que sobresale con respecto al lienzo de la torre unos 1,15 m y es visible en tres de sus lados (norte, este y sur).

Sobre la base, las torres están formadas por muros de tapia de tierra calicostrada reforzada con mampuestos en las esquinas y en las zonas más débiles. Estos refuerzos se realizaron con mampuestos de piedra de rodeno colocados dentro de la propia masa del tapial calicostrado.

Se desconoce el espesor de todos los muros de tapia que forman las torres debido a que éstas han llegado a nuestros días en muy mal estado de conservación, a que en las partes altas de los muros únicamente se conserva la parte exterior de la costra de la tapia y a que la mayor parte de la altura interior conservada de las torres se encuentra colmatada por tierras. A pesar de esto, en la esquina noroeste de la torre norte (torre T02), se puede ver una pequeña zona que conserva el espesor completo del muro e,

incluso, la cara interior de la costra de tapia. Este muro mide 1,10 m de espesor aproximadamente (2,5 codos geométricos) y, teniendo en cuenta que las dos torres son iguales y son prácticamente cuadradas en planta, cabe suponer que todos los muros que las forman tendrían el mismo ancho.

En lo referente a los elementos constructivos propios de la fábrica de tapia, en los restos conservados de las torres se pueden ver claramente algunas marcas del tapial que muestran su forma de construcción. Se observa que la altura de las tapiadas es de 0,84 m aproximadamente (2 codos geométricos) mientras que las huellas verticales del tapial que marcan la dimensión horizontal del cajón se separan 2,09 m entre sí (5 codos geométricos) o 1,46 m (3,5 codos geométricos), según se puede ver en la parte alta de los restos de la torre T01. El tapial empleado estaría compuesto, según se deduce del número de cejas horizontales observadas, por cuatro tablas de dimensiones variables.

Las citadas marcas verticales no forman una discontinuidad en el tapial como sí harían las marcas de terminación de diferentes tapiadas. En este caso, forman pequeños resaltes que, tal y como se ha podido identificar en los restos visibles, se corresponderían con las huellas de unión de dos o más tapiales. Esto indica que al menos algunos de los lienzos de las torres del castillo se realizaron mediante tapiales corridos. Con la utilización de tapiales corridos se consiguió una cierta uniformidad en los encofrados y en los muros y no debilitar las esquinas (generalmente las zonas más endebles de este tipo de construcciones).

El lienzo norte de la torre noreste es en el que mejor se pueden apreciar las juntas de unión entre varios tapiales. En él se han identificado dos longitudes de tapial o encofrado: 2,09 m (5 codos geométricos) y 1,46 m (3,5 codos geométricos), que muestran que existía un cierto juego en el uso de los encofrados para conseguir la dimensión deseada del muro. Posiblemente existía al menos una longitud más de tapial, aunque no se han podido observar más marcas.

Por otra parte, uno de los aspectos más interesantes del estudio constructivo de las torres del castillo de Segart es el empleo de diferentes tipos de agujas para la sujeción del cajón. El primer tipo de agujas identificado se ubica en la parte baja de la torre noreste o torre T01 (en la parte superior de la primera hilada de tapial reconocible), dónde se conservan marcas o mechinales pertenecientes a agujas de varillas pareadas circulares. En este sistema se emplearon dos varas de madera flexibles de 2 cm de diámetro, dispuestas en paralelo y con una separación entre varillas de 10,5 cm. Se trata de un sistema de agujas perdidas (no se recuperan una vez realizado el cajón), pasantes en todo el ancho del muro y con una separación variable entre pares de varillas de entre 48 y 58 cm (medida a eje de cada par).

Figura 6
Fotografía de los mechinales conservados en la torre noreste pertenecientes a una aguja de varillas pareadas circulares

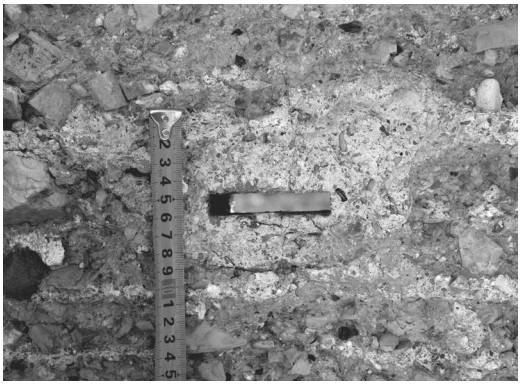



Figura 7
Fotografía del mechinal de una media aguja en una zona del muro de la torre norte en la que solo se conserva la costra exterior del tapial

Sobre esta primera hilada, el resto de tapiales se realizan con medias agujas[5] rectangulares de madera de dimensiones 7,0x1,5 cm. Este tipo de agujas

Figura 8
Fotografía dónde del espesor de la costra de los muros de tapia de la torre T02

se relacionan con muros de gran ancho (generalmente de un metro o más), cosa que concuerda con el ancho de muro conservado en la torre norte (1,10 m) y que nos hace pensar que el resto de muros de las torres alcanzarían, al menos, este ancho (Vegas et al. 2014, 32-51).

Tanto en la torre norte como en la torre noreste, la separación entre agujas de este tipo es 0,418 m (1 codo geométrico) o 0,627 m (1,5 codos geométricos), dependiendo de la posición de la aguja (la distancia entre agujas no sigue ningún ritmo concreto ni se repite en las diferentes hiladas).

Se han podido caracterizar adecuadamente este tipo de agujas debido a que en la torre T02 se conserva un fragmento de muro, en concreto en el muro de cierre este, dónde se puede ver el mechinal dejado por una de las medias agujas que lo formaban. En dicho hueco podemos ver que las medias agujas profundizaban unos 45 cm respecto a la cara del muro.

El acabado exterior de los muros que forman las torres norte y noreste (excepto en la zona del zócalo, dónde no hay acabado exterior) es la propia costra de cal del tapial calicostrado. Se trata de un revestimiento de mortero de cal realizado mediante la aplicación

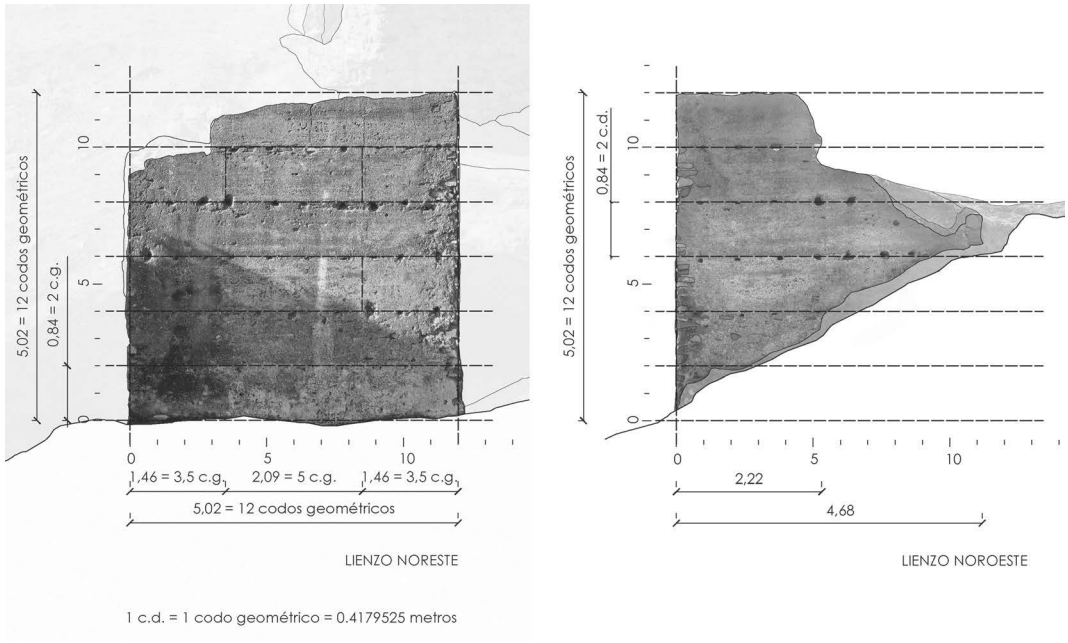



Figura 9
Estudio métrico de los alzados noreste y noroeste de la torre T01

una cuña de este material contra el tapial previamente al apisonado de cada tongada de tierra. Con ello se consigue un revestimiento continuo por la cara exterior del tapial una vez desencofrado que, en sección, forma una cremallera de cuñas de mortero de cal trabadas en la masa del muro de tierra (Font e Hidalgo 2009; Vegas et al. 2014, 32-51).

El mal estado de conservación de las torres nos ha permitido estudiar detalladamente esta costra y ver la sección típica de las distintas cuñas de mortero de cal. Se ha podido establecer que, en este caso, la costra tiene un espesor de entre 10 y 12 cm y que las tongadas de tierra y las cuñas de mortero de cal se hicieron cada 5 cm aproximadamente. Además, cabe destacar que el mortero de cal que forma la costra es de alta calidad, cuenta con una gran proporción de cal y una granulometría de tamaños muy variables formada por áridos calizos de diferentes coloraciones y con formas generalmente curvas.

**Torre sureste o T03**

La tercera torre del castillo se ubica en la zona sureste del recinto. Se trata de una torre de planta cuadrada de 5,22 x 5,22 m (12,5 x 12,5 codos geométricos), con un espesor de muros de 1,67 m (4 codos geométricos) en el muro norte y 1,46 m (3,5 codos geométricos) en los muros este, sur y oeste, y de la que se conserva una altura máxima de 7,20 m (en el lienzo sur).

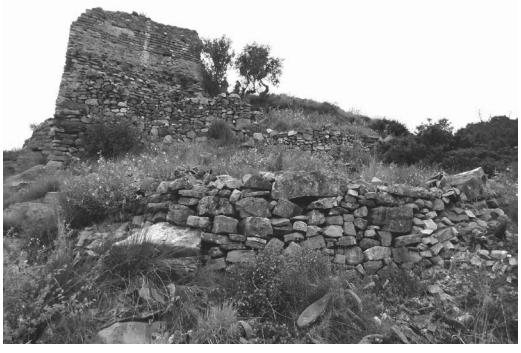


Figura 10
Fotografía de la torre sureste desde la zona este

El lienzo norte presenta un hueco de poca altura que probablemente fuera el acceso a la torre. Este contaría con una altura mayor de la visible hoy en día ya que la torre se encuentra colmatada por tierras y escombros en la parte interior, así como con considerables rellenos en la cara exterior norte. Además, en el hueco todavía se observan las caras lisas que formaban los laterales abocinados del mismo.

Los muros que componen la torre T03 o sureste son muros de tapia de mampostería con hormigón de cal[6] realizados con mampuestos de tamaño variable de piedra de rodeno (la mayor parte) y piedra caliza colocados sin ningún tipo de orden. El hormigón de cal utilizado tiene una proporción importante de cal y cuenta con una granulometría muy variable.

El uso de tapia de mampostería con hormigón de cal para la construcción de la torre es muy usual en fortificaciones defensivas de época medieval. Aun así, este tipo de tapia es muy distinto al identificado en los muros de las torres norte y noreste, por lo que podemos deducir que los dos tipos de torres se construyeron en momentos distintos.

El acabado de los paramentos que forman la torre tiene los mampuestos parcialmente vistos, por lo que se puede considerar que el muro tiene una cantidad importante de piedra y una proporción menor de hormigón de cal (Font e Hidalgo 2009). Probablemente esta es una de las causas, junto con su estado de abandono, por las que ha llegado en muy mal estado de conservación a nuestros días, especialmente en la parte exterior (mucho menos protegida de las inclemencias meteorológicas). En la parte interior los muros se encuentran más protegidos y en mejor estado, lo que posibilita la interpretación de los diferentes elementos que caracterizan la técnica constructiva con la que se realizaron (marcas de tapiadas, marcas de agujas…).

A pesar del mal estado de conservación de la torre sureste, todavía es posible identificar diferentes marcas propias de la técnica constructiva de la tapia, tanto en la parte interior como en el exterior de los lienzos. En los muros se pueden identificar varias hiladas del tapial, con una altura de tapiada de 0,84 m aproximadamente (2 codos geométricos) hasta una altura de 4,93 m con respecto a la zona más baja del lienzo sur. A partir de este punto cambia la modulación de las tapiadas y pasa a ser de 1,04 m de altura aproximadamente (2,5 codos geométricos).

También es posible identificar dos tipos de mechinales para las agujas de construcción del tapial. El primer tipo se corresponde con medias agujas rectan-

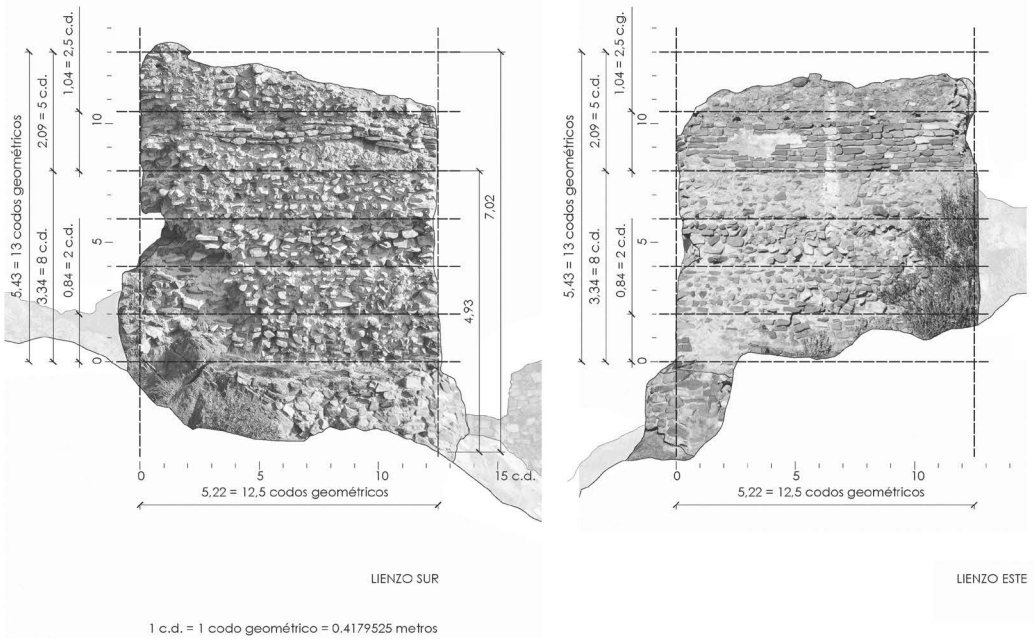



Figura 11
Estudio métrico de los alzados sur y este de la torre T03

gulares de 6x3 cm de sección realizadas con madera (ubicadas en el lienzo oeste de la torre), mientras que el segundo tipo identificado son agujas de madera pasantes de 7x3 cm (ubicadas en el lienzo este).

La separación ente agujas no es regular en todas las tapiadas, depende de la posición de la aguja y no sigue ningún ritmo en concreto. En la parte baja, hasta los 4,93 m de altura de la torre, la distancia entre los mechinales de aguja varía entre 42 cm (1 codo geométrico), 52 cm (1,25 codos geométricos) y 63 cm (1,5 codos geométricos). A partir de los 4,93 m de altura, cambia la altura de las tapiadas y la distancia entre mechinales dejados por las agujas de forma que estas distancias varían entre 63 cm (1,5 codos geométricos), 75 cm (1,75 codos geométricos) y 84 cm (2 codos geométricos)[7].

En el estudio de esta torre también ha sido posible identificar una zona con un cambio en la disposición constructiva de los elementos que componen los muros sur y este. Se trata de una zona en la que hay varias hiladas realizadas con mampuestos de piedra de rodeno de dimensiones bastante regulares y que coincide con el cambio de modulación en la altura de las tapiadas. Esta variación de la materialidad y disposición constructiva de los elementos, realizada únicamente en dos de los cuatro lienzos que forman la torre, nos hace pensar en una hipotética reparación de la torre, aunque esto se deberá comprobar durante los trabajos de intervención de la misma.

## Aljibe

En la zona central del castillo se conserva una estructura de planta rectangular de 4,98 x 3,4 m que, por su configuración y revestimiento interior, debió corresponder al aljibe del castillo. Los muros conservados tienen una altura máxima de 3,10 m y están realizados con muros tapia de mampuestos de hormigón de cal.

En el interior, el aljibe cuenta con un revestimiento de mortero de cal que dotaba de estanqueidad a dicha estructura. De este revestimiento todavía se conservan algunos pequeños fragmentos en las esquinas realizados con mortero a media caña. Además, en el mortero de acabado interior se observan marcas de líneas diagonales que también podemos ver en otras

estructuras de este tipo ubicadas en castillos de esta misma época[8].

En la esquina noroeste se observa una irregularidad en la materialidad de los muros. Se trata de una zona en la que el muro fue reparado o reconstruido con hormigón de cal y mampostería y revestido con mortero de cal por la cara interior.

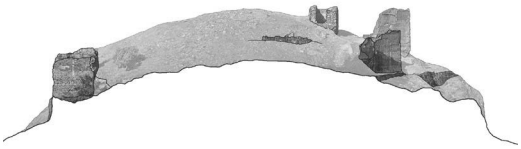


Figura 12
Sección general del castillo en la que se puede ver la torre T03 (izquierda), el aljibe (centro) y las torres T01 y T02 (derecha) (El fabricante de espheras 2021)

## Conclusiones

Con este análisis preliminar se han podido extraer diversas conclusiones relativas a su materialidad, geometría, época de construcción y relevancia patrimonial.

En primer lugar, la variedad de técnicas constructivas, materiales y modulaciones geométricas detectadas en los distintos elementos principales que componen el Castillo de Segart hace pensar que la fortificación pudo estar realizada en distintas fases constructivas. Las torres ubicadas en la zona norte comparten infinidad de características y responden a un tipo constructivo que podría encuadrarse en la primera mitad del siglo XIII, en la época del imperio almohade, y estar vinculadas al sistema de defensa inmediata de Morvedre y de la *madina de Balansiya*. La torre sur cuenta con unas características distintas que podrían corresponderse con una época de construcción más tardía (siglo XIII-principios del XIV).

Esta riqueza constructiva nos permite deducir que la presencia de distintos pobladores ha aportado las variaciones constructivas visibles a través de elementos diferenciadores dentro de la misma técnica constructiva. Un claro ejemplo es la presencia de distintos sistemas de agujas para la realización de los muros de tapia que forman las torres norte y noreste.

La información documental y la materialidad de la torre sureste llevan a pensar que se trata de una construcción de finales del siglo XIII o principios del XIV. A pesar de ello, el sistema de tapia utilizado en los muros se basa en una métrica de codos geométricos, modulación propia de época andalusí, una anomalía que podría deberse a la transmisión del conocimiento constructivo entre los pobladores del territorio.

Por otro lado, es importante estudiar este tipo de construcciones desde un punto de vista global ya que forman parte de un tipo muy extendido en el territorio que comparten características comunes. Debido a la escasez de información de tipo documental, es necesario acudir al propio bien como fuente de información y establecer relaciones con otros del entorno. Ello permitiría crear una base de datos documental que esclarecería dudas sobre este tipo de construcciones históricas.

Todo esto no solo nos ayudará a conocer mejor nuestra historia sino también a poner en valor el patrimonio local y fomentar el arraigo del bien por parte de la población para evitar su pérdida.

## Notas

1. Durante la redacción del Plan Director de Recuperación del Castillo de Segart se ha realizado un levantamiento gráfico pormenorizado del castillo por parte de LevArq Levantamientos arquitectónicos y Arqueológicos. Dicho levantamiento ha sido utilizado en este documento para la realización de parte de la documentación gráfica.
2. El giro se produce tomando como punto de giro la zona más alta del montículo en la actualidad, posiblemente también la zona más alta del castillo en su origen, el centro del aljibe.
3. Mediante el análisis formal de los restos conservados de las torres se ha podido determinar que éstas seguían una modulación basada en codos geométricos o comunes.
   Un codo geométrico, también denominado codo común, codo antiguo o codo manual de 24 dedos, se corresponde con 0,4179525 m (Escalona 2009, 43-45; Rodríguez Navarro 2008; Vallvé Bermejo 2005, 119-127).
   Según algunos autores, el codo geométrico se corresponde con la medida de media vara castellana, con la medida de 1,5 pies y con 3/4 del codo oficial o rassasí de 32 dedos) (Escalona 2009, 43-45).

Además, dos codos se corresponden con una vara por lo que una vara formada por codos geométricos tiene una longitud de 0,835905 m (Rodríguez Navarro 2008).

4. Esta dimensión es aproximada ya que únicamente se han podido medir los restos conservados y visibles de las torres en la actualidad. Será necesario realizar sondeos y catas arqueológicas para comprobar la dimensión original.
5. Son aquellas agujas que se clavan en la masa del propio muro y que no atraviesan la totalidad de su ancho, es decir, no son agujas pasantes. Este tipo de agujas se relacionan con muros de gran ancho, con muros que hayan estado encofrados a una sola cara (no parece ser el caso de las torres del Castillo de Segart, en menos en las partes altas), o con la utilización de agujas en las esquinas (Vegas López-Manzanares et al. 2014, 32-51).
   En el caso de las medias agujas utilizadas en muros de gran espesor, como es el nuestro, éstas se utilizaban para evitar que el peso de los encofrados doblara o partiera la aguja en la zona central o para evitar que la tabla estuviese alabeada a causa de su longitud (Martín García 2009).
6. Algunos autores denominan este tipo de tapia como mampostería encofrada ya que se trata de un tipo de muro que cuenta con una mayor cantidad de mampuestos que masa de tierra y cal y que está basado en el fraguado de la cal en lugar de en el apisonamiento del material (Vegas López-Manzanares et al. 2014, 32-510).
7. La mayor altura del tapial nos hace suponer que la base del mismo también sería mayor (generalmente la base de los tapiales suele ser 2 veces o 2,5 veces la altura), aunque no es posible identificar marcas verticales del tapial. Con esto también se explica que la distancia entre mechinales de agujas sea mayor que en la parte baja de la torre.
8. Son unas líneas diagonales que forman una espiga y que se encuentran en el interior de otros aljibes de castillos de la misma época, como en el castillo de Cirat o en el interior de la torre este del Castillo de Bounegre en Argelita (posiblemente era un aljibe en su parte inferior). Este tipo de decoración también se ha podido encontrar en otras estructuras como en la parte baja de la cara norte de la torre noreste del Castillo de Segart.

## Lista de referencias


Cobos Guerra, Fernando; José Javier de Castro Fernández y Rodrigo Canal Arribas. 2012. *Castros y recintos de la frontera de León en los siglos XII y XIII. Fortificaciones de tapial de cal y cando o mampostería encofrada*. Valladolid: Junta de Castilla y León.

El fabricante de espheras. 2021. *Plan Director de Recuperación del Castillo de Segart*. Segart.

Font Mezquita, Fermín. 2010. Una intervención reciente: consolidación de muros de tapia del tercer recinto del Castell Vell de Castellón. En *Construcción con Tierra. Tecnología y Arquitectura. Congresos de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2010/2011*, coordinado por F. Jové y J. L. Sáinz, 101-112. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva.

Font Mezquita, Fermín y Pere Hidalgo. 2009. *Arquitectura de tapia*. Castellón: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Castellón.

Gil-Crespo, Ignacio Javier y Luis Maldonado-Ramos. 2015. Hacia una taxonomía constructiva de las tapias de tierra y fábricas encofradas históricas. *Informes de la Construcción,* 67 (538), e086.

Martín García, Mariano. 2009. La construcción del tapial calicastrado en época nazarí. *Actas de CONTART 2009. V Convención Técnica y Tecnológica de Arquitectura Técnica*. Albacete: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Albacete.

Rodríguez Navarro, Pablo. 2008. *La torre árabe observatorio en tierras valencianas. Tipología arquitectónica.* Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

Vallvé Bermejo, Joaquín. 2005. Al-Ándalus: Avances tecnológicos en medidas y comunicaciones. *Academvs* nº9 (extra), 119-127.

Vegas López-Manzanares, Fernando; Camilla Mileto, Valentina Cristini y Lidia García Soriano. 2014. La tapia en la Península Ibérica. En *La restauración de la tapia en la Península Ibérica. Criterios, técnicas, resultados y perspectivas*, editado por C. Mileto y F. Vegas, 32-51. Valencia: TC Cuadernos General de Ediciones de Arquitectura, SL.

# El tranvía eléctrico de Oviedo, ejemplo de infraestructura urbana de principios del siglo XX

Pedro Plasencia-Lozano
Rita Ruiz Fernández

En 1918 los ingenieros Fernando P. Casariego y Manuel Herrero firman el proyecto de construcción del tranvía eléctrico de Oviedo, que se llevó a cabo durante los siguientes años; la obra fue promovida por la sociedad anónima Tranvía Central de Asturias dentro de una ambiciosa iniciativa que aspiraba a crear una red tranviaria en toda la región a partir de la ovetense. El texto describe aspectos relacionados con el esquema de líneas, los parámetros de trazado, la anchura de vía elegida y los tipos de carril, la alimentación eléctrica, los edificios erigidos, el estudio de explotación realizado o las principales cifras del presupuesto entre otras cuestiones. La investigación aporta luz a la historia de la construcción de los tranvías eléctricos proyectados a caballo de los siglos XIX y XX en numerosas ciudades españolas y europeas[1].

## Contexto técnico y geográfico

El origen del tranvía urbano en España puede datarse en 1869, cuando José Domingo Trigo solicita una concesión de dos líneas de ferrocarril movido por fuerza animal en Madrid a semejanza de los existentes en otras ciudades de Europa y América. Las ventajas del sistema parecían notables, fundamentalmente la compatibilidad de la ocupación de la vía pública con el uso que de ella hacían los demás carruajes, así como la mayor capacidad de carga que tenían los vehículos merced al bajo coeficiente de rozamiento entre carril y rueda. La concesión dio pie a un pliego de condiciones redactado por parte del Ayuntamiento, que intuimos serviría de base para trabajos posteriores; en ese mismo año hubo otras solicitudes de tranvías en el propio Madrid, lo cual muestra el interés despertado por este sistema (Barron 1871). Años después se generarían las disposiciones legales referentes a los tranvías: la Ley de Ferrocarriles de 1877 y el Reglamento de mayo de 1878 (Redacción 1901).

Las primeras noticias de tranvías urbanos de vapor llegan a España en 1878, procedentes de Londres, cuando un artículo de la *Revista de Obras Públicas* se hace eco de la puesta en marcha de un coche con capacidad para 40 viajeros, de 8 m de longitud y 4,35 m de alto; consumía 200 kg de combustible por jornada de 12 horas, y los depósitos estaban colocados bajo los asientos ("Tranvía de Vapor de Apsey" 1878). Posteriormente la misma *ROP* recogía otra noticia en 1886 sobre el tranvía de Nueva York, que en la Novena Avenida había ensayado un coche-tranvía movido por electricidad mediante un sistema de acumuladores tipo Jullien que también alumbraban el interior del vehículo, apuntando que "de cuando en cuando el aparato de debajo del coche lanzaba algún destello a tal cual chispa,

lo cual no dejaba de infundir temor a algunos de los pasajeros y causó decidida sensación en los transeúntes de la Avenida. La prueba se considera satisfactoria y se repetirá en breve" ("Tranvía Eléctrico" 1886); no obstante, Siemens había presentado un tranvía eléctrico en Berlín siete años antes (Guarnieri 2020). Ya en 1896 se inauguraba en Bilbao el primer tranvía eléctrico en España con un recorrido de 14,5 km. La alimentación era mediante conductor aéreo, para lo que se construyó una estación central de fuerza, y el material móvil dispuesto consistía en 12 coches y 2 vagones (Icaza 1896). El tipo de carril era el Phoenix, el peso del m lineal de vía ascendía a 77 kg/m y la vía se dispuso con un ancho de 1,365 m (Icaza 1897). La eclosión del tranvía como transporte urbano e interurbano estaba relacionada con los nuevos trazados de carreteras (Ruiz, Rodríguez, and Coronado 2014): un tranvía podía aprovechar la existencia de una carretera para enlazar, sin necesidad de una gran inversión en materia de infraestructura, una serie de poblaciones, y resultaba así más económico que poner en marcha una línea de ferrocarril. La construcción en los tres sistemas —de sangre, vapor y eléctrico— convivería durante algunos años, pero con el paso del tiempo acabaría imponiéndose este último (figura 1).

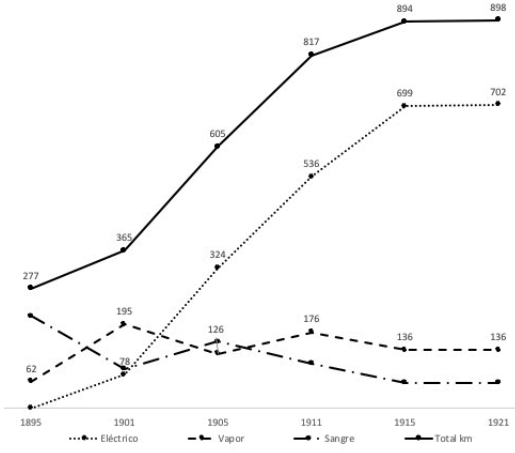



Figura 1
Kilómetros de red construidos en España en distintos años. Se omiten los datos del de sangre para facilitar la lectura, pueden obtenerse mediante una resta. Elaboración propia. Fuente: Anuarios de ferrocarriles españoles, disponibles en hemerotecadigital.bne.es

## Tranvías en Oviedo

Las primeras noticias sobre la incorporación de un tranvía en Oviedo datan de 1882, cuando Javier Aguirre solicita autorización con arreglo al artículo 58 de la Ley de Ferrocarriles (Ministerio de Fomento 1882) para estudiar una línea desde la estación de ferrocarril del Noroeste hasta la calle Campomanes atravesando para ello Uría, Fruela, Jesús, plaza de la Constitución y calle de la Magdalena, y un ramal que arrancando de Uría pasaría por Santa Clara, Campo de la Lana, San Juan, Rua y Cimadevilla, hasta la plaza.

En 1890 se convocaba pública subasta para la adjudicación de la concesión, por 15 años. Las proposiciones se presentaban en sobre cerrado, y Aguirre tenía derecho de tanteo durante la media hora siguiente a la adjudicación por haber sido el impulsor del proyecto. Al no presentarse nadie más Aguirre obtuvo la licencia (Ministerio de Fomento 1890b), pero si el adjudicatario final hubiera sido otro, éste tendría que haberle abonado una cantidad equivalente del valor del proyecto, que según tasación pericial, ascendía a 2.350 pesetas (Ministerio de Fomento 1890a). En 1894 la licencia de la concesión sería transferida a la Compañía del Tranvía de Oviedo, cuyo director gerente era Roque García Jiménez (Ministerio de Fomento 1894), y ya más adelante sería vendida a los Ferrocarriles Económicos de Asturias (Fernández López 2017).

El primer intento de construir un tranvía eléctrico se llevaría a cabo por parte de José San Román, que solicitaba estudio para realizar líneas por Oviedo (Ministerio de Fomento 1899), y que partiría de las estaciones de los ferrocarriles del Norte y Económicos de Asturias, recorrería calles diversas de la ciudad hasta Lugones, Llanera y Caldas de Priorio. También habría estudios impulsados por José López Planas para trazar una línea entre Oviedo y Lugones (Redacción 1905), y una petición administrativa de José Eugenio Ribera en 1912 para un tranvía que uniese Oviedo con Gijón (Redacción 1912).

Finalmente, en 1919 la Compañía Tranvía Central de Asturias[2] solicitó una concesión para tranvía eléctrico mediante instancia, proyecto y resguardo de constitución de fianza, a través de su presidente José Tartiere Lenegre (Ministerio de Fomento 1919)[3]. La empresa podía ejercitar el derecho de tanteo en el re-

mate, y de nuevo, en caso de no haber sido adjudicataria, habría percibido del rematante el importe del proyecto, valorado en 7.075,49 pesetas, más el 5% anual de intereses (Redacción 1921a). El proyecto fue aprobado por Real Orden de 26 de junio de 1920. No hubo más interesados, y la concesión fue otorgada el 16 de mayo de 1921 (Redacción 1921b). Apuntamos, en fin, que en esa época había ya pocos tranvías de sangre en España: en Asturias quedaban los de Avilés a Salinas, y el de Arriondas a Covadonga (VVAA 1921, 316).

## El proyecto

El proyecto de construcción de la red de tranvías de Oviedo consta de *Memoria* y seis *Anejos*, 24 hojas de *Planos*, *Pliego de condiciones facultativas*, *Presupuesto* y un documento correspondiente a tarifas y rendimientos (Archivo General de la Administración, 24-08835). El presupuesto de contrata se elevaba a la cantidad de 1.102.125,29 pesetas (figura 2), y fue firmado en Oviedo, a 16 de diciembre de 1918 por el ingeniero de caminos Fernando Pérez Casariego y el

| | Cantidad | Coste unitario (pesetas) | Total | % |
|---|---|---|---|---|
| Artículo 1. Vía | | | | |
| Km Carril Phoenix | 9,135 | 27.895 | 254.820,80 | |
| Km Carril Vignole | 6,526 | 32.050 | 209.158,30 | |
| Ud Cambio automático para cochera | 5 | 500 | 2.500 | |
| Ud Cruzamientos con vías diversas | 3 | 300 | 1.500 | |
| Total artículo 1 | | | 489.559,10 | 50,63% |
| Artículo 2. Línea eléctrica | | | | |
| Km línea eléctrica con postes ornamentales en casco de la población | 7.353 | 11.274 | 82.897,75 | |
| Km línea eléctrica con postes de madera para resto de línea y cocheras | 8.308 | 7.374 | 61.263,20 | |
| m feeder de alimentación soportado por los mismos postes que el hilo de trabajo | 8.162 | 5,50 | 44.891 | |
| Ud Desplazamiento de líneas telefónicas y de alta y baja tensión | 1 | 5.000 | 5.000 | |
| Total artículo 2 | | | 194.051,95 | 20,07% |
| Artículo 3. Edificios | | | | |
| Cochera y taller | | | 38.573,38 | |
| Subestación de transformación | | | 24.593,06 | |
| Total artículo 3 | | | 63.166,44 | 6,53% |
| Artículo 4. Material móvil y varios | | | | |
| Ud coche automotor | 5 | 100.000 | 500.000 | |
| Ud grupo convertidor | 3 | 25.000 | 75.000 | |
| Ud Cuadro de distribución | 1 | 5.000 | 5.000 | |
| Total artículo 4 | | | 220.000 | 22,75% |
| Presupuesto de ejecución material | | | 966.777,49 | |
| Gastos imprevistos | | 3 % | 29.003,32 | |
| Dirección y administración | | 2 % | 19.335,54 | |
| Beneficio industrial del constructor | | 5 % | 48.338,86 | |
| Interés del dinero adelantado | | 4 % | 38.671,08 | |
| Total Presupuesto de contrata | | | 1.102.126,29 | |

Figura 2
Resumen del presupuesto general. Mantenemos la denominación “artículos” original, frente a la actual “capítulos”

ingeniero industrial Manuel Herrero Caicoya, a la sazón presidente de la compañía promotora. Pérez Casariego, ingeniero de caminos con orígenes en Tapia de Casariego (Ministerio de Fomento 1870), aparece asociado a diferentes iniciativas relacionadas con las obras públicas asturianas (Ministerio de Obras Públicas 1938; *Región: Diario de La Mañana* 1928).

La *Memoria* incluye unas consideraciones generales que plantean la necesidad de enlazar las carreteras periféricas de Oviedo con el centro urbano mediante un tranvía para fomentar la construcción de viviendas en las márgenes de las vías de comunicación, una idea que nos remite al proyecto de la Ciudad Lineal de Arturo Soria, presentado unos años antes cuya primera fase había quedado construida en 1911. Así, señalaba:

> ¿Quién, al recorrer con deleite los bellos alrededores de Oviedo y fijarse en las márgenes del camino, no ha soñado en buscar sol higiene y economía, construyendo para su expansivo servicio, una modesta morada en los numerosos solares que a ello brindan? ¿Por qué no se transforman en realidad sueños tan halagadores? Pues sencillamente por falta de medios de comunicación, para que a todas horas y en todo momento se pueda hacer la indispensable vida ciudadana. Contando con estos medios de comunicación, gran parte de la ciudad se irá al campo; los actuales núcleos rurales se habrán unido a la ciudad; el tráfico se aumentará enormemente y la vida comercial de Oviedo, hoy muy importante, alcanzará una prosperidad extraordinaria.

En esa época Oviedo se desarrollaba en una superficie de 1 km de radio, distancia asumible por un peatón, por lo que la viabilidad del nuevo transporte quedaba en realidad supeditado al tráfico centro-periferia. Se planteaba así la idea del tranvía como transporte de doble alcance, urbano e interurbano: no sólo se enlazaban núcleos consolidados separados sino también se preveía el desarrollo urbanístico de las márgenes del recorrido en las distintas periferias. Así, se proponía generar en el futuro una red de tranvías para Asturias enlazando la capital con Gijón, Avilés, Noreña, Pola de Siero o Sama de Langreo. Dirigidas por el propio Manuel Herrero (Peris Torner 2012b), las obras comenzarían a finales de 1919 o principios de 1920 (antes, por tanto, de completarse la tramitación legal de la concesión) (Fernández López 2017); en esa fecha el capital suscrito de la compañía se elevaba a 2 millones de pesetas, lo que permitía abordar el total de la obra ya que el presupuesto de los trabajos ascendía a una cantidad menor (Redacción 1919). El 1 de mayo de 1922 entró en servicio la parte construida en avenida Bermúdez de Castro, Marcelina Fernández, avenida del General Elorza, Avenida de Santander, plaza del 27 de Marzo, calles Argüelles y Mendizábal, Plaza de Porlier, calle Universidad, plaza de Riego, calle del Peso y plaza de la Constitución (Redacción 1922) (figura 3); un desgraciado accidente en el que fallecieron 7 personas quebraría el jolgorio que se vivió en la ciudad (Roig 2022).

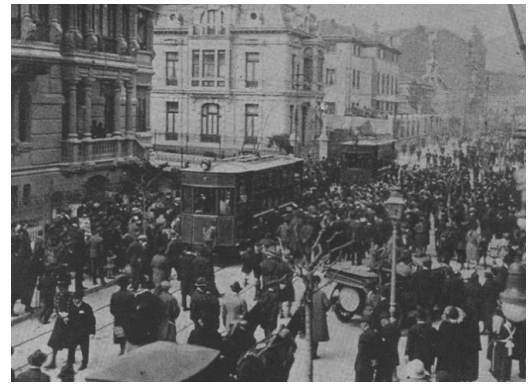


Figura 3
Inauguración del tranvía. Fotografía: Museo del Ferrocarril de Asturias (Peris Torner 2012b)

## Traza

La red propuesta constaba de tres líneas principales que seguían la traza de diversas carreteras con destino Oviedo, sobrepasando el casco urbano; incluso una de ellas llegaba a la localidad de Lugones, espacio industrial de primer orden y por tanto lugar de destino de numeroso personal obrero. Estas líneas coincidían en un tramo de la calle de Uría comprendido entre la plaza del 27 de marzo y el inicio de la calle de la Independencia, lugar que la *Memoria* señala como "el centro de la población" y que hacía las veces de gran intercambiador. Además se proyectaba una cuarta línea que discurría por el centro histórico de Oviedo, entre la plaza de la Constitución y las estaciones de los ferrocarriles, similar en recorrido al tranvía de sangre existente en el momento de la re-

| Línea | Tipo | Velocidad comercial (km/h) | Recorrido | Longitud |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Diametral | 16,7 | Carretera de las Segadas en el cruce sobre el túnel del Fresno; González Besada; Santa Susana; Toreno; Uría; Avda. de Santander; General Elorza; La Piñera; carretera del estado hasta límite de concejo de Lugones y Posada de Llanera. | 6.889 m en periferia y 3.114 m en interior de la población |
| 2 | Diametral | 15,4 | Buenavista en la carretera de Villalba a Oviedo; empalma con línea 1 en Santa Susana; Toreno; Uría; plaza 27 de marzo; Argüelles; Jovellanos, Azcárraga; carretera de Oviedo a Torrelavega hasta límite del concejo en Colloto | 4.787 m en periferia, 2.338 m en interior (excluye sección común) |
| 3 | Diametral | 12,3 | Poblado de la Fuente de la Plata, en carretera de Oviedo a Escamplero; Argañosa; paso superior sobre ffcc del Norte; independencia; empalma con línea 1 en Uría; Fruela; Rosal; Martínez Marina; carretera de Castilla frente al mercado de ganados | 1.684 m fuera de población; interior 2.060 m, descontando secciones comunes con líneas 1 y 2 |
| 4 | Local | 11,0 | Plaza Constitución; Peso; Plazuela de Riego; Universidad; Mendizábal; Argüelles; Plaza del 27 de marzo; empalma con líneas 1 y 2 en Uría; Avenida de Santander con ramales a Estaciones del Ferrocarril del Norte y Económicos | 629 m, en secciones no comunes |
| 5 | Enlace de estaciones | - | Estación del Vasco Asturiano en Gascona; Víctor Chávarri; General Elorza, donde empalma con línea 1; Jerónimo Ibrán; Estación de Económicos | |

Figura 4
Datos de las cinco líneas: tipos, velocidad comercial, recorrido y longitud

dacción del proyecto. Por último se dispuso una quinta línea destinada exclusivamente a trasladar mercancías entre las estaciones de los ferrocarriles vasco asturiano y económicos de Asturias (figuras 4, 5). En relación con la línea 4, el Ayuntamiento exigiría antes de las obras lo siguiente: "en las calles de Fruela, Uría y avenida de Santander en las cuales existe establecida una línea con motor de sangre, el concesionario utilizará esta línea con carácter de peaje previa a la reforma por su cuenta de dicha línea para acomodarla a las necesidades de la atracción (sic) eléctrica" (AHMO 17, 4, 65, 10).

También se dispusieron algunos enlaces entre las diferentes líneas con objeto de facilitar el servicio, disminuir la fragilidad de la red y permitir el acceso a las cocheras desde todas las líneas. Así, en la calle Campomanes había un enlace de 215 m que unía las líneas 1 y 3, en la carretera de la Vega había otro de 240 m para enlazar las líneas 1 y 2, y en la Plaza del 27 de Marzo se rodeaba dicha plaza con una vía que servía de punto de estacionamiento y partida de diferentes coches para posibles servicios extraordinarios por cualquiera de las líneas, de 150 m de longitud.

Los dos parámetros fundamentales que determinaban la calidad del trazado eran la pendiente y el radio. Las pendientes no excedían de 5 % salvo en la línea 2, en la calle del General Azcárraga, que llegaban al 8,20 %; se consideraba que eran asumibles para tranvía eléctrico siempre y cuando el coeficiente de adherencia no bajase de 0,17. El radio mínimo era de 20 m, y se alcanzaba en el paso de la calle de Fruela a la del Rosal; este valor superaba el "límite inferior de 15 m corrientemente admitido" según se lee en la *Memoria*, y de hecho, en general las curvas proyectadas eran superiores a 50 m). Para garantizar un valor de radio aceptable en los cambios de calle, en ocasiones puntuales la traza cambiaba de margen antes de entrar en la curva, dada la poca anchura de algunas vías y el ángulo agudo existente en algunas intersecciones (figura 6). Estos cambios no eran especialmente idóneos, pues a fin de minimizar las interacciones con el tráfico, la zona de rodadura del tranvía se situaba como norma

Figura 5
Recorrido del tranvía por el centro de Oviedo (AGA 24-08835). Se marcan los siguientes puntos: 1_ Estación Ferrocarriles del Norte; 2_ Estación Ferrocarriles Económicos; 3_ Estación Ferrocarril Vasco-Asturiano; 4_ Cocheras y central eléctrica propuestas para dar servicio al tranvía

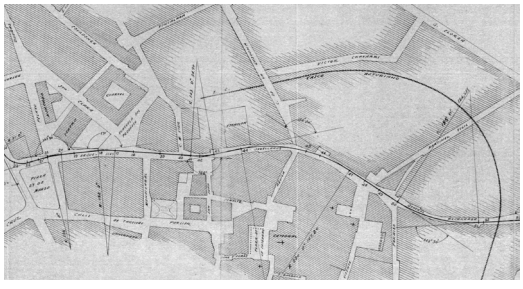


Figura 6
Detalle del encaje en la calle Jovellanos y General Azcárraga, cruzando de una margen a otra (AGA 24-08835). Se observa también el inicio de la línea ferroviaria del Vasco-Asturiano, cuya traza desarrollaba una amplia curva a la salida de la estación

general en una margen de la calle, en la zona destinada a carruajes. Además, se asumía que el eje del tranvía debía distar de la arista de la acera más próxima 2 m en calles de primer y segundo orden, y 1,50 m en las restantes. Finalmente, en las más angostas —varias de la línea 4, trazada en las calles de la parte antigua— la traza quedaba a 4 m del eje al borde de la acera opuesta. En esta línea, incluso, los postes se acercaban a 0,70 m de las fachadas en la calle Mendizábal, y a 1,35 m en la calle del Peso.

Los planos recogen con todo detalle varios perfiles de las diversas líneas y un perfil tipo en las diferentes carreteras que se ocupaban donde puede apreciarse la ubicación del tranvía en la sección. En las calles de Oviedo se dibujaba un mayor número de perfiles "dado el trazado falto de uniformidad que se observa en mu-

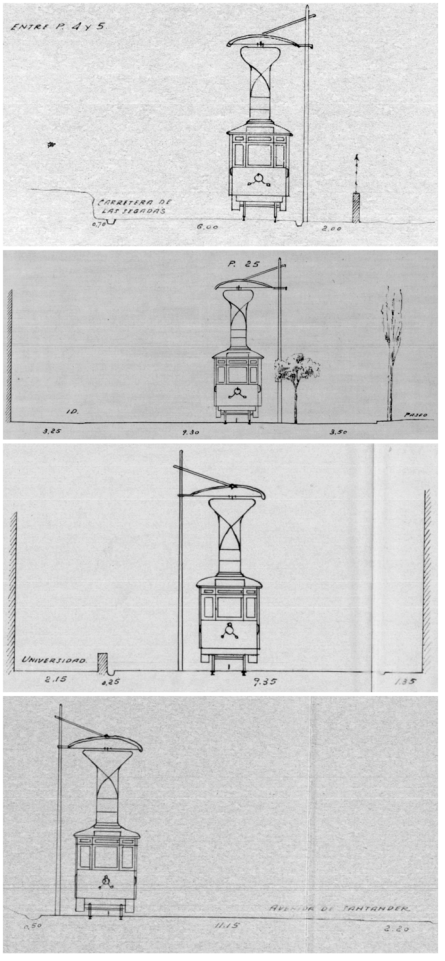



Figura 7
Perfiles en Carretera de las Segadas (línea 1; 6 m de calzada y 2 de acera); Uría (línea 3; 3,25 m de acera, 9 m de calzada y 3,5 m de acera); Universidad (línea 4; 2,15 m de acera, 9,35 m de calzada y 1,35 m de acera); Av. Santander (línea 4; 11,15 m de calzada, 2,20 m de acera). AGA 24-08835

chas de ellas". Podemos distinguir las secciones tipo de diferentes calles, apreciando el espacio reservado para las aceras y para el tráfico rodado (figura 7). En relación con la anchura de vía, se optó por la anchura métrica por la mayor facilidad para la adquisición del material móvil, y también para facilitar la unión con los ferrocarriles vasco asturiano y económicos, que tenían dicha anchura; también se aspiraba a enlazar con la red tranviaria de Gijón, que era también métrica.

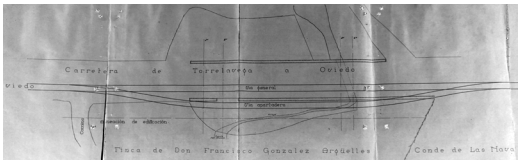



Figura 8
Proyecto de cruce y apartadero en Fonpesada (AHMO 17, 4, 65, 10)

La traza constaba de una vía única, y para facilitar la explotación era necesario disponer varios puntos con doble vía para permitir el cruce de vehículos. El proyecto definía la ubicación de dos en el entorno de la calle Uría aprovechando los 9,20 m de anchura de calzada: uno en el paseo de los Álamos y otro entre la calle de Independencia y la Avenida de Santander; asimismo concretaba que el resto de los cruzamientos se determinarían tras hacer el replanteo de las líneas en las calles, posiblemente atendiendo a los horarios previstos y a la amplitud de la calzada.

En relación con las paradas, se preveía disponer una cada 500 m fuera de la población y cada 200 m en el interior, si bien el proyecto no concretaba los puntos. En el Archivo Histórico Municipal de Oviedo encontramos información sobre dos proyectos de apartaderos que servirían también de puntos de cruce: uno de 1923 en Fonpesada y otro de 1925 en la calle Guisasola (AHMO 17, 4, 65, 10) (figura 8).

Finalmente había distintos cruces con las líneas de ferrocarril. La línea 1 se cruzaba con los Económicos

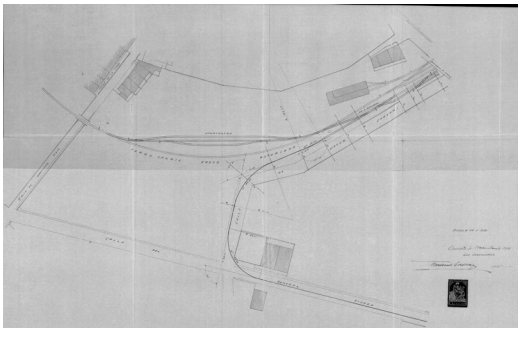


Figura 9
Se observa la línea de tranvía que, desde General Elorza, enlaza con la estación del Vasco-Asturiano, junto con la descripción de la modificación de la playa de vías. (AGA 24-08835)

de Asturias, y con los Económicos del Norte ya en Lugones, y la línea 2 se cruzaba con los Económicos de Asturias en Colloto. También sería preciso reformar ligeramente la playa de vías de la estación del Vasco-Navarro para poder encajar la llegada del tranvía a la misma (figura 9).

## Construcción

Los sistemas de carril adoptados era el tipo Phoenix para calzada compartida (figura 10), y el Vignole para tramos de carácter ferroviario; no obstante, el ingeniero Jefe de Fomento del Gobierno Civil exigió durante la tramitación del proyecto que el carril Vignole fuera sustituido por el Phoenix cuando fuera preciso realizar sustituciones por desgaste, y en todo caso, 20 años antes de terminar el plazo de concesión (AHMO 17, 4, 65, 10).

El carril Vignole propuesto, de 30 kg/m, se construiría al modo de las vías ferroviarias convencionales: el carril se apoyaría sobre traviesas de 1,80 x 0,20 x 0,125 m distanciadas 0,80 m y envuelto todo en balasto. Ante la opción de emplear traviesas de roble, el proyecto establecía que se asentara sobre traviesas de pino creosotadas porque su menor coste compensaba su menor duración. El carril se unía a las traviesas por tirafondos. En comparación, algunos proyectos ferroviarios métricos de la época presentaban traviesas ligeramente mayores y carriles de 35 kg/m (Plasencia-Lozano 2021).

En relación con los raíles Phoenix dispuestos sobre calzadas compartidas con otros vehículos, el proyecto proponía dos sistemas de construcción: apoyado en balasto o en largueros de hormigón; al mismo tiempo recomendaba emplear este último. A tenor de lo definido en los documentos existentes en el ayuntamiento, se optaría efectivamente por la opción de los largueros (AHMO 17, 4, 65, 10). Para ejecutarlo se abría una caja en el empedrado de la calle, de 2 m de ancho y 30 cm de espesor. Se realizaba una cimentación con hormigón, y sobre esos apoyos se disponían las barras de carril Phoenix, enlazadas entre sí mediante bridas. Posteriormente, ambos hilos se arriostraban transversalmente cada 2 m mediante unos tirantes constituidos por flejes terminados en ángulo con pasadores y tuercas que permitían ajustar la separación entre carriles. Los raíles se empotraban en el apoyo de hormigón, y por último se reponía el firme. Asimismo, el ayuntamiento pedía que el pavimento de las calles por donde trascurría el tranvía fuese realizado con adoquines, y en ese caso se empleaba adoquín en taco, usando mortero de cemento para asiento y lechada (AHMO 17, 4, 65, 10). En cuanto a los cruces con las líneas de ferrocarril, se realizaban con hormigón.

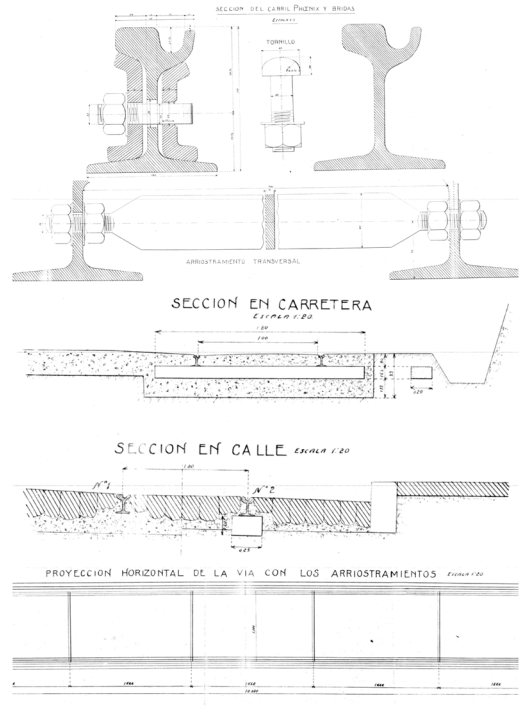



Figura 10
Construcción de tramos con carril tipo Phoenix (AGA 24-08835); se observa cómo la sección en carretera se apoyaba en traviesas y la sección en calle se apoyaba en hormigón

Apuntamos por último que la compañía concesionaria quedaba obligada a reparar daños en las calles durante la explotación del tranvía y a conservar la zona del pavimento comprendido entre carriles y medio metro más a cada lado, según exigía el arquitecto municipal, Julio Galán, en informe de 28 de enero de 1920 (AHMO 17, 4, 65, 10).

## Tracción, vía

El proyecto opta por tracción eléctrica frente al vapor, ya que permitía ofrecer una mayor frecuencia y

elasticidad en el servicio. Se desechó el sistema de acumuladores "por impropio" y el de canalización subterránea por los "enormes gastos de primera instalación". Por ello se adoptó el de toma de corriente por *trolley* tal y como se hacía en la casi totalidad de las líneas de tranvía de la época; en cuanto al sistema de corriente, se adoptaba la continua de 600 voltios.

La energía eléctrica sería distribuida mediante una red formada por un feeder de 200 m/m2 de sección con origen en una subestación situada en la calle del General Elorza, entre Victor Chávarri y Martínez Vigil, que tomaría la energía de alguna de las empresas que la suministraban a Oviedo (figura 5). La elección del lugar venía dada por su centralidad, por la disponibilidad de suelo y por la cercanía a la línea de alta tensión de la Sociedad Popular Ovetense, "probable suministradora de la corriente" según la *Memoria*, que recibía la energía desde los saltos de agua de Somiedo.

En poblado, y cuando la altura de casas lo permitiese, la línea aérea se apoyaría en cables tensores; en el resto de situaciones la línea sería sustentada mediante postes, siendo necesarios unas 30 unidades por km. En relación con las tipologías, el proyecto proponía postes metálicos sin ornamentar y ornamentados en zona urbana, siendo decisión del Ayuntamiento la ubicación de uno u otro en función de la importancia de la vía. Fuera de la ciudad, se previó disponer postes de madera que en el futuro serían sustituidos por otros de hormigón armados. En fase de tramitación del proyecto, el Gobierno Civil exigiría que los postes no entorpeciesen el curso de las aguas en las cunetas (AHMO 17, 4, 65, 10).

## Material móvil y cocheras

El proyecto planteaba construir un edificio de cocheras seguido de un taller de reparaciones en la zona cercana a la subcentral de transformación, en General Elorza (figura 5), aunque no incluía más planos que la planta, el alzado y la definición de algunas dimensiones (tampoco incluía detalles de la subestación ya citada); sin embargo, el presupuesto era bastante minucioso. Las cocheras serían objeto de un segundo proyecto, presentado al Ayuntamiento para solicitar permiso de construcción en el Campo de los Reyes (AHO, 1-1-89-198), que firmaba Herrero en solitario el 30 de octubre de 1919 (figura 11). Las diferencias entre ambos proyectos eran relevantes: el primero tiene unas dimensiones de 45 x 12,20 m en planta (medidas en paramento interior), y altura mínima 5,80 m; el segundo es de 50 x 20 m, en planta

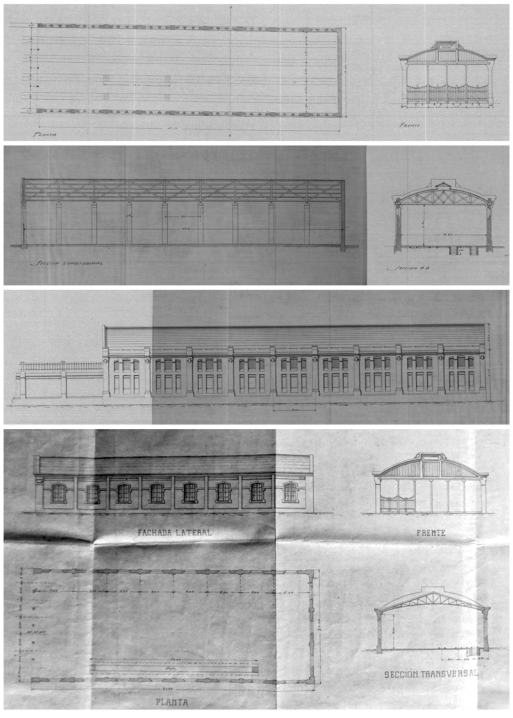



Figura 11
Primer (AGA 24-08835) y segundo proyecto (AHMO 17, 4, 65, 10). Pueden observarse cambios en los huecos de fachada y en la cercha metálica

(medidas de fachada exterior), y altura mínima 6 m. Aparentemente cabrían 4 vías paralelas en el primero, por 6 en el segundo. En cada vía podían caber un máximo de 5 coches o vagones.

Apuntamos también que en el expediente del segundo encontramos testimonio de la preocupación del técnico municipal por la seguridad en el trabajo durante las obras: "en la construcción se adoptarán las precauciones convenientes para evitar riesgos de accidentes a los operarios; a este efecto se dispondrán los andamios en las debidas condiciones de seguridad (…) el encargado de las obras y en todo caso el concesionario serán responsables de los accidentes que puedan ocurrir" (AHO, 1-1-89-198).

| Línea | Jornada laboral | Trenes en servicio | Estimación de minutos/viajes | Capacidad máxima | Ocupación media estimada | Viajeros transportados durante un día |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 14 horas | 4 | 40 | 80 | 75% | 5.050 |
| 2 | 14 horas | 2 | 30 | 80 | 75% | 3.360 |
| 3 | 14 horas | 2 | 20 | 80 | 75% | 5.040 |
| 4 | 14 horas | 1 | 10 | 40 | 75% | 5.040 |

Figura 12
Estimación de viajeros transportados diariamente en cada línea, según el proyecto

En cuanto al material móvil, la explotación se pensaba iniciar con once coches automotores y cuatro remolques. El material quedaba así descrito en la *Memoria*:

> El tipo de coche automotor será el llamado semi-convertible, que es el que se adopta en las más recientes instalaciones (…). La capacidad es de 18 viajeros sentados y 10 y 12 de pie en las plataformas anterior y posterior (…). El peso de cada coche vacío es de unas 9 toneladas sobre dos ejes rígidos, provisto cada uno de su correspondiente motor eléctrico de una potencia de 50 HP a 600 voltios (…). Todo automotor pueda arrastrar un remolque, bien sea de viajeros o de mercancías.
>
> Para el transporte de mercancías se proponen vagones tractores cerrados, sobre ejes rígidos y dotados del mismo equipo eléctrico que los automotores de viajeros. Los vagones remolcados serán del tipo bordes altos.

Durante la tramitación del proyecto, las administraciones exigirían que los coches tuvieran iluminación exterior, y prohibirían la composición de trenes mixtos, para viajeros y mercancías (AHMO 17, 4, 65, 10).

### Explotación comercial

La legislación obligaba a incorporar en los proyectos de construcción un anejo para justificar la viabilidad comercial de la línea. Por eso era necesario evaluar aspectos como la velocidad comercial, los usuarios previstos, las tarifas, etc.

El trazado dispuesto y el material móvil estaban concebidos para ofrecer una "velocidad de itinerario" de 12 km/h en zona urbana y en las pendientes superiores al 5%, y de 20 km/h en el resto del trazado. El proyecto calculaba que la velocidad comercial -incluyendo el tiempo entre paradas- oscilaría entre los 11 km/h de la línea 4, netamente urbana, y los 16,7 km/h en la línea 1. Además, durante la tramitación administrativa se exigiría que los coches motores pudieran frenar por completo en 7 m (AHMO 17, 4, 65, 10).

En cuanto a la explotación, el proyecto incluía cálculos de los viajeros transportados (figura 12). Se estimaba un servicio cada 10 minutos. La capacidad del automotor y del remolque eran de 40 viajeros cada uno, y se consideraba una ocupación del 75%, es decir, 60 usuarios por viaje y vehículo. En total, se preveían unos 18.490 usuarios diarios. Asimismo, se realizaba una estimación global de usuarios anuales a partir de los datos conocidos de Gijón: en la *Memoria* se indicaba que en dicha ciudad, "con gran población, excelente puerto, bellos alrededores y pujante industria", el número de viajes efectuado por cada habitante durante el año era de 50, y por ello establecía para Oviedo y sus contornos, que alcanzaban los 35.000 habitantes, un coeficiente de 40.

La línea 5, exclusiva de mercancías, permitía realizar el transbordo de vagones de mercancías de los ffcc Vasco-Asturianos y Económicos de Asturias, y se preveía un tráfico anual de unas 50.000 toneladas. Para ello se contaría una pequeña locomotora de las llamadas de unión, enlace o maniobra, con dos vagones. La distancia entre estaciones era de 1.125 m, y la velocidad media se fijaba en 12 km/h. Además, se contaba con unas maniobras de 20 minutos en cada estación, por lo que el tiempo necesario para un viaje completo de ida y vuelta alcanzaba los 52 minutos. Así, en 10 horas de trabajo se calculaba realizar 11 viajes; dado que se contaba con 300 días útiles, a cada viaje le corresponderían 15 toneladas para alcanzar la previsión. La *Memoria* apuntaba que los vagones tenían capacidad de 18 o 20 toneladas cada

| CÁLCULO DE INGRESOS | |
|---|---|
| Coste medio del viaje | 0,15 pesetas |
| Nº viajes por habitante | 40 anuales |
| Ingresos por habitante | 6 pesetas |
| Ingresos anuales pasajeros | 210.000 pesetas |
| Ingresos anuales mercancías | 50.000 pesetas |
| Total ingresos | 260.000 pesetas |
| Coeficiente de explotación | 0,60 |
| Ingreso líquido | 104.000 pesetas |
| Presupuesto de la obra | 1.102.126,29 pesetas |
| Cálculo de anualidad necesaria para dar un interés del 5% al capital amortizando el mismo en un plazo de 20 años | $\frac{1.102.126,29\times 0,05(1+0,05)^{20}}{0,05(1+0,05)^{20}-1}$ |
| Total | 88.170,10 pesetas |

**TARIFAS**

| Concepto | Peaje (pesetas) | Transporte (pesetas) | Total (pesetas) |
|---|---|---|---|
| Viajero y km, clase única | 0,06 | 0,04 | 0,10 |
| Equipaje, por tonelada y km | 0,60 | 0,40 | 1,00 |
| Comestibles, por T y km | 1,00 | 0,50 | 1,50 |
| Mercancía general, por T y km | 0,30 | 0,20 | 0,50 |
| Almacenaje, por T y día | 0,30 | 0,20 | 2,00 |

Figura 13
Cálculo de ingresos y tarifas

uno, por lo que se posiblemente el tráfico final sería incluso superior al previsto. En cuanto al servicio de mercancías en las cuatro líneas de pasajeros, se preveía la opción de intercalar trenes de mercancías en los momentos de menor intensidad en el tráfico de viajeros, pero no se fijaban condiciones ni horarios "dejando la solución de tal asunto a la práctica de la explotación".

También se incluía en la Memoria un cálculo de ingresos y las tarifas por uso (figura 13). Los ingresos calculados aseguran un plazo de amortización muy corto con interés para el capital invertido superior al 5 %, quedando aún 40 años para disfrutar de los beneficios de la explotación del tranvía con el desembolso de la instalación ya completamente liberado. En relación a las tarifas propuestas en el proyecto, podían haber sido rebajadas por otros licitadores de la concesión en el momento de la subasta, pero al no haber competencia, son las que finalmente se establecieron.

El presupuesto de las obras quedaba fijado en algo más de un millón de pesetas. Durante el curso de la redacción del proyecto, la sociedad Tranvía Central de Asturias adquirió los derechos de la concesión de la línea de Oviedo a Lugones y Posada de Llanera; por ello el coste de esta línea quedó eliminada en el presupuesto.

## Conclusiones

La investigación realizada pone de relieve la importancia de los proyectos de construcción como fuentes del estado de la técnica y estética de la ingeniería de caminos. Por ello creemos que estos documentos forman parte del patrimonio de la ingeniería de caminos en España, que no sólo está formado por los proyectos construidos y conservados, sino también por otros muchos documentos técnicos históricos que o

Figura 14
Oviedo. Plaza del 27 de marzo. Convivencia entre tranvía y coches de caballos. AHMO

bien no han llegado a ejecutarse o bien se corresponden con infraestructuras ya eliminadas.

Así, el documento del proyecto aporta datos relacionados con la construcción de tranvías eléctricos en España, en un momento en que ya era el sistema de transporte urbano mayoritario, pocos años antes de que la Guerra Civil y el posterior auge de los autobuses redujeran y eliminaran su presencia en las calles hasta el resurgir del metro ligero (Pantiga-Facal and Plasencia-Lozano 2022).

También aporta información sobre los sistemas de contratación de obras y redes de transporte urbano, y en aspectos ligados a la propia explotación comercial de la red, cuestión frecuente también en los proyectos de ferrocarril de la época (Plasencia-Lozano 2021; 2019). El actual debate sobre la colaboración público-privada en temas como las concesiones de servicios públicos deberían tener en consideración las ventajas e inconvenientes de los proyectos históricos, para aprender de los aciertos y errores que la historia nos ha mostrado en el devenir de dichas concesiones.

Otro valor añadido del proyecto estudiado es la información obtenida sobre las secciones de las calles ovetenses en la época, que nos permiten apreciar los espacios destinados a acera y a calzada o la eventual existencia de árboles. También nos define los límites de la ciudad hacia 1920.

En cuanto al diseño de la red, destaca la decisión de utilizar la calle Uría como punto de enlace de líneas, una situación que permanece en el tiempo al ser dicha arteria lugar central de la red de autobuses. También es interesante la determinación de enlazar las distintas estaciones de ferrocarril. Finalmente, y en relación con las tres primeras líneas, se observa que la configuración de la red se plantea en estrella (esto es: con un único punto de unión entre los tres recorridos); quizá lo idóneo en los casos de sistemas con más de dos líneas sea establecer varios puntos de unión, para facilitar los intercambios.

Un elemento llamativo es el método para calcular los usuarios estimados, que se antoja excesivamente grosero. Frente al estudio actual de las áreas de captación de cada estación o parada, se opta por establecer una comparación con el dato de Gijón, sin evaluar otros parámetros para afinarlo.

Este texto, finalmente, deja abiertas dos líneas futuras de investigación: la evolución del cálculo de usuarios estimados a lo largo de la historia y el diseño de redes de transporte urbano.

## Notas

1. Esta investigación se enmarca en el proyecto “Análisis y definición de estrategias para la caracterización, recuperación y puesta en valor del patrimonio de las obras públicas. Una aproximación desde la escala territorial”, cuya investigadora principal es Rita Ruiz Fernández. Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Gobierno de España. Proyectos I +D+i, 2020–2022, (PID2019-105877RA-I00). Agradecemos asimismo la colaboración del personal del Archivo Histórico Municipal de Oviedo, que facilitó enormemente la consulta de documentos en su sede.
2. En la *Memoria* del proyecto se indica que la sociedad anónima Tranvía Central de Asturias fue constituida por suscripción popular, si bien había también una subvención anual de 70.000 pesetas durante 10 años concedida por las corporaciones municipales de Oviedo, Noreña y Pola de Siero, aportando la Diputación Provincial su correspondiente parte (Peris Torner 2012a). Tenía el domicilio en González del Valle, 4, Oviedo, y el consejo de administración estaba formado por José Tartiere, Plácido Álvarez Buylla, Manuel Caicolla, Policarpo Herrero, Armando de las Alas Pumariño, Elías Masaveu, José Buylla, Juan Botas, Enrique Galán, Marqués de San Feliz, Marcelino Fernández, David García Somines y Julián Hidalgo. El director era Manuel Herrero (VVAA 1924, 369).
3. La descripción de los avatares burocráticos del tranvía ovetense puede leerse en el magnífico trabajo de Javier Fernández sobre los tranvías de Oviedo (Fernández López 2017). La concesión del tranvía sería revertida al Ayuntamiento de Oviedo y posteriormente clausurada en 1956 (Ministro de Obras Públicas 1956).

## Lista de referencias


Barron, E. 1871. Tranvía de Madrid. *Revista de Obras Públicas* 19 (14): 168–71.

Fernández López, J. 2017. Los Tranvías de Oviedo. *Revista de Historia Ferroviaria* 19: 67–90.

Guarnieri, M. 2020. Electric tramways of the 19th Century. *IEEE Industrial Electronics Magazine* 14 (1): 71–77. https://doi.org/10.1109/MIE.2020.2966810.

Icaza, P. 1896. Tranvía eléctrico de Bilbao. *Revista de Obras Públicas* 43 (12): 143–44.

Icaza, P. 1897. Tranvía eléctrico de Bilbao. *Revista de Obras Públicas* 44 (1140): 134–36.

Ministerio de Fomento. 1870. Decreto autorizando a D. Fernando Pérez y Casariego. *Gaceta de Madrid*, Abril 6, 1870.

Ministerio de Fomento. 1882. Autorización para estudiar un tranvía. *Gaceta de Madrid*, January 23, 1882.

Ministerio de Fomento. 1890a. Adjudicación en pública subasta de la concesión de un tranvía. *Gaceta de Madrid*, Julio 13, 1890.

Ministerio de Fomento. 1890b. Concesión de un tranvía movido por fuerza animal. *Gaceta de Madrid*, Octubre 21, 1890.

Ministerio de Fomento. 1894. Aprobando la transferencia de un tranvía. *Gaceta de Madrid*, Enero 31, 1894.

Ministerio de Fomento. 1899. Instancia promovida por D. José San Román. *Gaceta de Madrid*, Noviembre 30, 1899.

Ministerio de Fomento. 1919. Anunciando haber sido solicitado por D. Tartiere Lenegre. *Gaceta de Madrid*, Junio 21, 1919.

Ministerio de Obras Públicas. 1938. Servicio Nacional de Puertos y Señales Marítimas. *Boletín Oficial Del Estado*, Septiembre 27, 1938.

Ministro de Obras Públicas. 1956. Decreto de 22 de Junio de 1956 por el que se dispone que los derechos y obligaciones que corresponden al Estado como consecuencia de las concesiones otorgadas a la Sociedad Anónima 'Tranvía Central de Asturias' quedan subrogados. *Boletín Oficial Del Estado*, Julio 12, 1956.

Pantiga-Facal, E., y Pedro Plasencia-Lozano. 2022. A GIS-based analysis of the light rail transit systems in Spain. *Applied Sciences* 12 (3): 1282. https://doi.org/10.3390/app12031282.

Peris Torner, J. 2012a. Tranvía Central de Asturias, cía anónima. *Spanish Railways*. https://www.spanishrailway.com/tranvia-central-de-asturias-cia-anonima/.

Peris Torner, J. 2012b. Tranvías de Oviedo. *Spanish Railways*. https://www.spanishrailway.com/tranvias-de-oviedo/.

Plasencia-Lozano, P. 2019. Las estaciones del ferrocarril Peñarroya-Fuente Del Arco. Apuntes constructivos y de diseño. En *Actas del undécimo Congreso Nacional de Historia de La Construcción*, 907–18. Madrid: Instituto Juan de Herrera, SEHC, COAC, CAATC.

Plasencia-Lozano, P. 2021. El proyecto del ferrocarril estratégico Ciudad Rodrigo a Río Tajo. Una infraestructura de principios del siglo xx no llevada a cabo. *Informes de La Construcción* 73 (563): e405. https://doi.org/10.3989/ic.79912.

Redacción. 1901. Los tranvías. *Revista Ilustrada de Banca, Ferrocarriles, Industria y Seguros*, Enero 25, 1901. http://hemerotecadigital.bne.es/details.vm?q=id:0001271647&lang=es.

Redacción. 1905. Asuntos varios. *Los Transportes Férreos*, Junio 24, 1905.

Redacción. 1912. Petición de tranvía eléctrico Oviedo-Gijón. *Los Transportes Férreos*, Octubre 16, 1912.

Redacción. 1919. Tranvía eléctrico de Oviedo. *Revista Ilustrada de Banca, Ferrocarriles, Industria y Seguros*, Octubre 25, 1919.

Redacción. 1921a. Tranvías eléctricos en Oviedo. *Revista Ilustrada de Banca, Ferrocarriles, Industria y Seguros*, Febrero 10, 1921.

Redacción. 1921b. Reales Órdenes del Ministerio de Fomento de 16 de mayo. *Revista Ilustrada de Banca, Ferrocarriles, Industria y Seguros*, June 10, 1921.

Redacción. 1922. Inauguración de los tranvías eléctricos de Oviedo. *Gaceta de Los Caminos de Hierro*, Mayo 22, 1922.

*Región: Diario de La Mañana*. 1928. "Las obras de abastecimiento de aguas, Diciembre 15, 1928.

Roig, D. 2022. Último tranvía a Oviedo: cien años del nacimiento de un mito. *La Voz de Asturias*, Mayo 9, 2022.

Ruiz, R., F. Javier Rodríguez, y J. M. Coronado. 2014. Identification and assessment of engineered road heritage: a methodological approach. *Journal of Cultural Heritage* 15 (1): 36–43. https://doi.org/10.1016/j.culher.2013.01.001.

Tranvía de vapor de Apsey. 1878. *Revista de Obras Públicas* 26 (12): 143.

Tranvía eléctrico. 1886. *Revista de Obras Públicas* 34 (23): 186.

VVAA. 1921. *Anuario de Ferrocarriles Españoles*. Madrid.

VVAA. 1924. *Anuario de Ferrocarriles Españoles*. Madrid.

# Ferrocarriles industriales en estructura metálica: distintas normativas en la españa del siglo XX

Josep María Pons Poblet
Alba Arboix Alió

La comunicación que se plantea presenta sucintamente las principales normativas de la estructura metálica que, durante el siglo XX, se editaron en el estado español. Desde las iniciales normativas de cariz ferroviario, hasta las últimas, conocidas como Eurocódigos estructurales, se contextualiza cada una de ellas en el entorno histórico donde ven la luz, destacando la importancia e influencia existente entre ambas realidades; la histórica y la técnica. Partir de la premisa que toda norma ha de estar perfectamente contextualizada y, habiendo cuenta que el siglo pasado fue un periodo con abundantes avatares tanto sociales como económicos, nos puede ayudar a entender el porqué de las distintas normativas habidas. Este hecho, nos lleva a un estudio previo de la realidad histórica, clave para entender tanto su promulgación, como su derogación, pues leyendo una normativa pudiere el lector deducir (grosso modo) la situación global del país, y viceversa. Con esta apreciación veremos porqué aparece una normativa restrictiva en la posguerra española o porqué podemos hablar de Eurocódigos cuando hablamos también de Unión Europea.

## Las normativas de ámbito metálico en el periodo (1900-2000)

Las normativas de ámbito metálico, englobando en esta terminología tanto los denominados reglamentos o instrucciones recogidas en la Gazeta[1] (1900-1959) como en el Boletín Oficial del Estado [2] (1960-2000), han sido:

### Gazeta Colección histórica: 1900-1959

En la Gazeta, se han recogido las cuatro normativas siguientes:

- Instrucción para la redacción de proyectos de puentes metálicos (1902).[3]
- Instrucción para el cálculo de tramos metálicos (1925).[4]
- Instrucción para la redacción de proyectos y construcción de estructuras metálicas (1930)[5]
- Decreto sobre restricciones en el uso del hierro en la edificación (1941).[6]

### Boletín Oficial del Estado (BOE): 1960 - 2000

En el BOE, se han recogido las dos normativas (o series normativas) siguientes:

- Serie normativa MV (1962-1982).[7]
- Norma NBE EA-95 Estructuras de Acero en Edificación (1995).[8]

A pesar de que no está recogido propiamente en el BOE, se cree importante también reseñar el correspondiente Eurocódigo debido a la trascendencia que

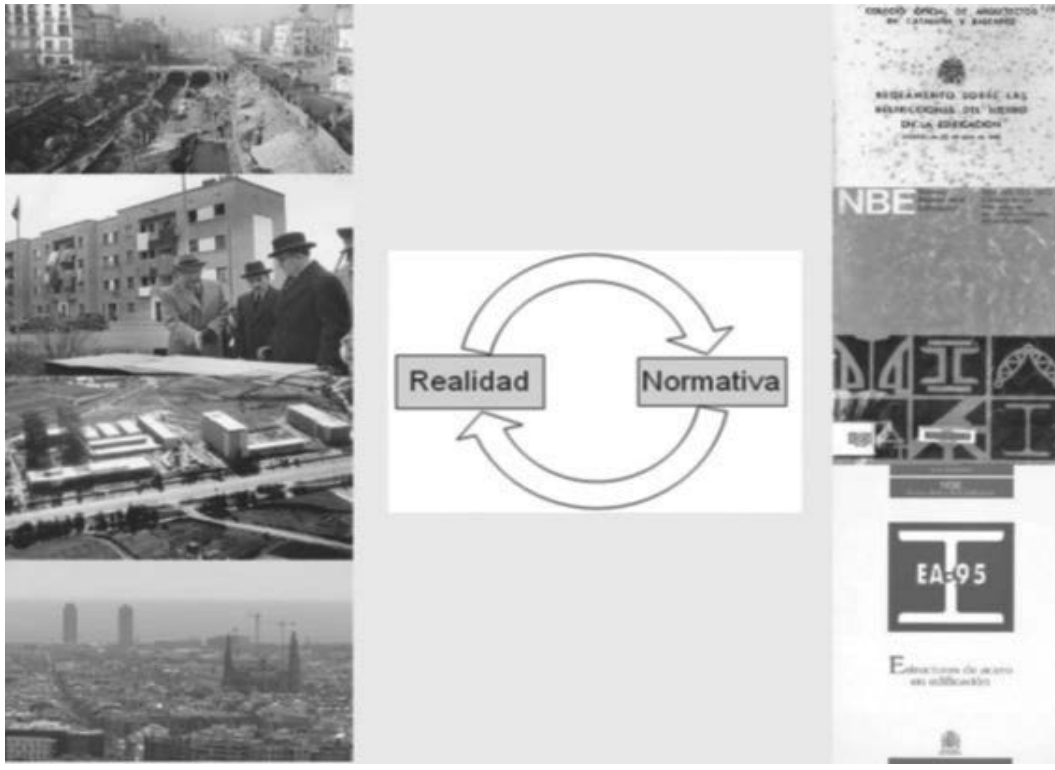
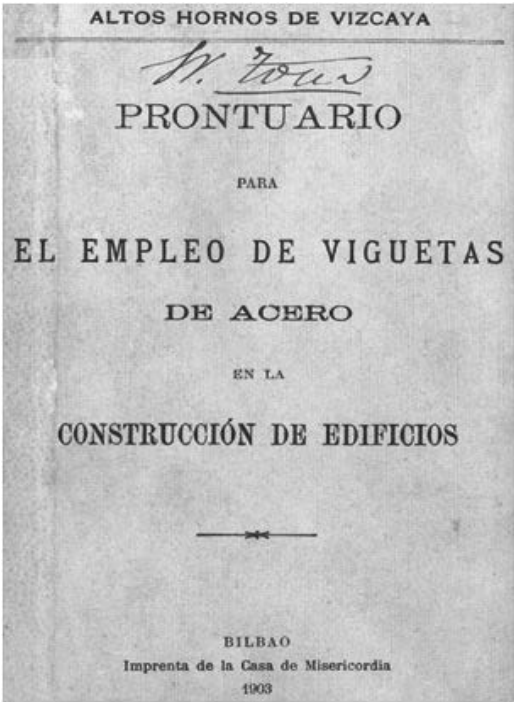



Figura 1
Relación realidad histórica versus normativa (Pons 2014)

ha tenido en la normativa metálica: EUROCÓDIGO 3. Proyecto de Estructuras de Acero. UNE-ENV (1993).[9]

## Normativa durante el periodo 1900-1959

El periodo considerado tuvo diversos acontecimientos con consecuencias clave dentro la historia del país. No siendo evidentemente el objetivo de nuestra comunicación, sólo nos detendremos en la citación y posterior estudio de los hechos que tuvieron un efecto determinante en nuestro estudio. Grosso modo, los libros de historia nos hablan en este periodo de la crisis de la Restauración, la Segunda República, así como de la Guerra Civil española y la Posguerra. Este periodo, que principia con el recuerdo aún latente de la dolorosa derrota del 98 y del inicio de la monarquía de Alfonso XIII, se verá principalmente caracterizado por un importante aumento de la demografía. España pasará de 18.600.000 habitantes (1900) a 23.600.000 habitantes (1930) para concluir en 1960 con 30.600.000 habitantes (según la información recogida del Instituto Nacional de Estadística). Este hecho, que sin duda tuvo muchas consecuencias en distintas realidades, también influyó directamente en nuestro ámbito concreto. La población emigró, básicamente, de zonas agrícolas a zonas urbanas, tanto de España como del extranjero, traduciéndose en un auge del sector constructivo en las grandes ciudades, así como una mejoría -o nueva implantación- de infraestructuras de transporte. Los técnicos, viendo que la normativa existente no podía dar respuesta a estas nuevas realidades, promulgaron la redacción de unas nuevas que viniesen a complementar, y a ampliar, las existentes. Esto dará pie a las normativas de los años 1902[3], 1925[4] y 1930[5], descritas a continuación.


ALTOS HORNOS DE VIZCAYA

PRONTUARIO

PARA

EL EMPLEO DE VIGUETAS

DE ACERO

EN LA

CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS

BILBAO
Imprenta de la Casa de Misericordia
1903

Figura 2
Prontuario para el empleo de viguetas de acero.[11]

La *Instrucción para la redacción de proyectos de puentes metálicos* fechada en 1902[3], así como la *Instrucción para el cálculo de tramos metálicos* de 1925[4], vendrían a ampliar una ya desfasada normativa de 1893[10], superada por estas nuevas realidades. Si se quería una modernización del país hacía falta que las infraestructuras se actualizasen a los nuevos tiempos y a sus nuevas demandas ya que éstas «no se acomodan a la realidad y menos aún ofrecen garantías para lo futuro, dada la marcha progresiva y rápidamente creciente del peso y de la velocidad de los vehículos que recorren carreteras y ferrocarriles» (1902).

Será también en esta época de principios de siglo donde los llamados *prontuarios* empezaron a tener una gran importancia para el técnico responsable. Las normativas de ámbito metálico en estas primeras décadas de siglo eran muy escasas y enfocadas a aspectos concretos -como el ámbito ferroviario. Ante esta ausencia normativa, el técnico había de consultar las referencias encontradas en la bibliografía existente que, generalmente, eran libros especializados escritos en francés y alemán (o sus traducciones). Los *prontuarios* vinieron a sistematizar este trabajo recogiendo en ellos parte (o gran parte) de la información necesaria. Se presentaban básicamente con formularios, propiedades de materiales, ejemplos resueltos, así como con la tipología seriada que la empresa responsable del mismo ofrecía. El resultado, sin duda, era de gran utilidad para el calculista, pues con ellos veía suplida la falta de una normativa técnica explícita, a la vez que suponían un gran ahorro de tiempo para obtener, con relativa celeridad, la solución del problema planteado. Obviamente, también

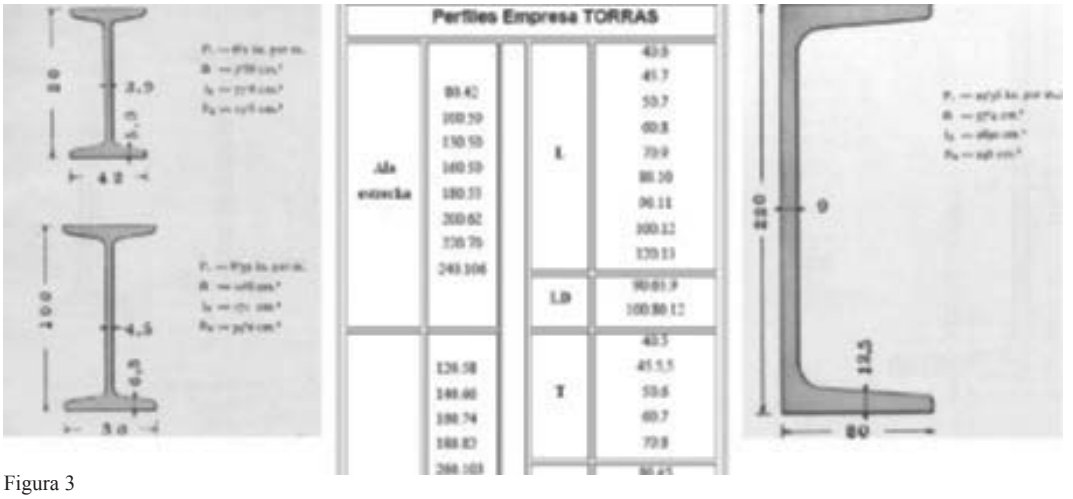



Figura 3
Prontuario y Catálogo. Torras: Herrería y Construcciones.[12]

Figura 4
Producción minera española de hierro (miles de ton.). Fuente: INE

servían como propaganda pues era fácil encontrar en ellos información detallada de la empresa responsable del mismo. En España, y fruto de un considerable esfuerzo por parte de las empresas implicadas, encontramos varios ejemplos de estos *prontuarios*, de entre los cuales sobresale el *Prontuario para el empleo de viguetas de acero en la construcción de edificios* [11] de la empresa Altos Hornos de Vizcaya. Su importancia se vio reflejada en varias ediciones y actualizaciones del mismo.

Los *prontuarios*, aparte de su importancia histórica desde el punto de vista del cálculo, también ofrecían una nueva visión del acero como material constructivo. Del citado anteriormente, destacamos:

> El empleo del acero no tiene los inconvenientes de la madera, resultando los edificios sólidos e incombustibles, que permiten la limpieza perfecta de las habitaciones y evitan en los pavimentos las alteraciones propias de la madera.
>
> Razones que aconsejan el empleo del acero. Conviene sustituir en los edificios el empleo de la madera por el acero, porque éste reúne mejores condiciones de solidez, ofrece mayores garantías para las Compañías de Seguros, así como para las personas y bienes de sus moradores, y tiene más años de vida.[11]

La situación social, constructiva e industrial de finales de la década de los años veinte planteó de nuevo la necesidad de abordar una revisión normativa, a la vez que actualización de la misma. Conscientes de ello, y «dada la importancia que alcanza la construcción de estructuras, la especialización que exige su estudio, proyecto y construcción, en los técnicos que de ella se ocupan»[5], en 1930 ve la luz una nueva instrucción «estudiada y propuesta por el autor Domingo Mendizábal Fernández; la Instrucción para la redacción de proyectos y construcción de estructuras metálicas»[5]. Analizando la norma precedente se puede comprobar que no dista formalmente de las actuales. En ella se fijan sin ambigüedades los valores de las acciones y sobrecargas, así como el cálculo y la disposición constructiva de los principales elementos del proyecto. De hecho, la normativa hubiese durado un periodo mucho más largo (duró aproximadamente una década), si no fuese por otro hecho histórico que sin duda la determinó; la Guerra Civil española. Esta dramática etapa de la historia española, así como la consecuente posguerra que de ella surgió, hicieron que el material férrico entrase en escasez. Grandes industrias productoras españolas habían quedado arrasadas o bien con importante daños en su cadena productiva o logística. Este hecho obligó a una restricción del mismo. Precisamente esta palabra (restricción), es la que condicionó la nueva normativa y por la que posteriormente ha sido conocida; el *Decreto sobre restricciones en el uso del hierro en la edificación* de 1941[6] aprobada en julio del mismo año[13]. La producción del material descendió rápidamente obligando al régimen a tomar una decisión al respecto. Por un lado había de reconstruir el país arrasado por tres años de contienda, por el otro, materiales clásicos en la construcción e industria estaban bajo mínimos.

El redactado de la normativa, siendo perfectamente consciente de ello, claramente refiere,

> Las circunstancias de toda índole porque atraviesan un gran número de industrias que requieren el empleo del hierro como materia prima, unido a la puesta en marcha de obras de reconstrucción, aconseja limitar el uso de este material en todos aquellos casos en que pueda tener sustitución adecuada.
>
> Es función del Gobierno regular su empleo […] para evitar que determinadas industrias de interés nacional en que su utilización es insustituible puedan ser afectadas gravemente por una escasez evitable.[6]

Sin duda es una de las etapas más complejas a la vez que una de las que ha generado soluciones constructivas más ingeniosas. La prescripción hacía trabajar al técnico con materiales hasta ahora poco em-

Figura 5
Producción minera española de acero y lingote de hierro (miles de ton.). Fuente: INE

| MATERIAL | Solicitación | Tensiones admisibles mínima | Tensiones admisibles máxima |
|---|---|---|---|
| Perfiles laminado y agrupaciones de ellos. | Tracción Compresión Flexión. | 1.200 Kg/cm² | 1.400 Kg/cm² |
| | Esfuerzo cortante. | 800 » | 1.000 » |
| Tornillos y roblones. | Esf. cortante | 800 » | 1.000 » |
| | Aplastamiento | 1.600 » | 2.000 » |
| Tirantes aterrajados. | Tracción. | 800 » | 1.000 » |

Figura 6.
Valores de tensiones admisibles mínima y máxima en los cálculos estáticos. [13]

pleados o bien con tensiones admisibles mínimas (y máximas) distintas de las que se venían empleando hasta el momento.

## Normativa durante el periodo 1960-2000

El período que ahora nos ocupa estuvo marcado en su inicio por una fecha fundamental en la historia española como fue el año 1959, año de la aprobación de la *Ley de Ordenación Económica*[14]. El bloqueo internacional, posterior a la Guerra Civil, había conducido al país a una situación de autarquía llevándolo a un estancamiento latente en distintos campos. Sería necesario importar productos energéticos, así como una gran cantidad de mercancías diversas para ayudar la frágil industrialización del mismo. Era fundamental liberalizar la economía con el fin de aumentar el crecimiento.

> Al final de la Guerra de Liberación la economía española tuvo que enfrentarse con el problema de su reconstrucción, que se veía retardada en aquellos momentos por la insuficiencia de los recursos y los bajos niveles de renta y ahorro, agravados por el desequilibrio de la capacidad productiva como consecuencia de la contienda. [...]. Resueltos un sin fin de problemas, hay que enfrentarse ahora con otros derivados tanto del nivel de vida ya alcanzado cuanto de la evolución de la economía mundial, especialmente la de los países de Occidente, en cuyas organizaciones económicas está integrada España.[14]

> El Decreto-ley que a continuación se articula establece la liberalización progresiva de la importación de mercancías y, paralelamente, la de su comercio interior […].[14]

Desde el punto de vista político, también es posible hablar, aunque muy tímidamente, de una cierta apertura del régimen tanto dentro como fuera del país. Será el momento de la aparición de los tecnócratas que consiguen altos niveles de poder sobre los políticos. En este período también se comenzaron a producir las primera huelgas (especialmente en la minería), la constitución de partidos políticos y sindicatos, movimientos locales, etc. A parte de los aspectos señalados, también citar otros ítems que tuvieron una influencia decisiva en el aspecto normativo que vamos a tratar: nuevamente un crecimiento demográfico en España, así como un notable éxodo rural de personas que, abandonando zonas agrícolas generalmente deprimidas, se trasladaron a zonas industriales de forma permanente. Estos hechos, especialmente destacables en las comunidades de Madrid, Cataluña, País Vasco y Valencia, implicaron una demanda de nuevas residencias, traduciéndose en una demanda de servicios, así como en una mejora de las comunicaciones existentes, requiriéndose que fuese llevado a cabo con una gran celeridad.

Estos acontecimientos, unidos a un aumento de renta en un número considerable de familias españolas, se tradujeron en una elevada demanda de la producción industrial que implicó la creación de nuevas industrias o ampliación y modernización de las existentes. Gracias a ello, se facilitó que muchos hogares dispusiesen de electrodomésticos (lavadoras, televisores, etc.), además de la adquisición, por primera vez, de una vivienda en propiedad, así como de un

coche -ayudando de manera muy directa al incremento de la producción. Nuevas industrias, nuevas viviendas, así como nuevas infraestructuras, serían necesarias para confirmar el nuevo impulso que el país empezaba a coger. Se derogó la normativa restrictiva de 1941[6] a la vez que se impulsó una nueva normativa que, acorde con los nuevos tiempos, marcase las pautas para el correcto cálculo técnico. El problema de la escasez del material férrico, tan trascendente en el periodo histórico previo, empezaba a estar solventado, ayudando con ello al progreso del país.

> La terminación de tan penosa situación con la puesta a disposición del mercado de importantes masas de productos siderúrgicos, con motivo de la entrada en funcionamiento de la planta de Avilés y la capacidad de producción de otras plantas, ha determinado, después de un periodo de adaptación de casi dos años, a partir de la terminación de la etapa de estabilización, una verdadera explosión en el proyecto y ejecución de obras metálicas (Stahlbau 1968).

> En la década de los sesenta la industria siderúrgica española ha experimentado un espectacular crecimiento, tanto en volumen de producción como en mejora notabilísima de la calidad y regularidad de sus productos. Este proceso ha venido a poner fin a cerca de veinte años de penuria y, en consecuencia, a restituir al proyectista y al constructor unas posibilidades en la utilización de los materiales metálicos, para sus decisiones sobre el tipo de estructura, que en aquella época de escasez le estaban vedadas (Batanero 1971).

Una vez el técnico dispuso ya de los materiales para el diseño e implementación de la obra se le planteó otro problema, sin duda también digno de tener presente; el tema normativo -ya que quedaba claro que hacía falta una implementación de nuevas normativas actualizadas a las demandas que los nuevos tiempos pedían. Justo es destacar la contribución del Instituto Torroja que, adelantándose verazmente al tiempo, publicó en 1962 una Instrucción al respeto; la conocida EM 62[15] así como, previamente, una Instrucción de hormigón la HA 61[16].

> Abierto su espíritu a todas las inquietudes del quehacer técnico en la Construcción, Eduardo Torroja no podía dejar de sentir la comezón de preparar una Instrucción de Estructuras Metálicas. Tan pronto como creyó contar con los medios, oportunos, dio personalmente, en octubre de 1960, la orden de comenzar la tarea.[15]

A pesar de que su estudio saldría fuera del objetivo el presente trabajo, destacar la premonitoria sentencia recogida en esta instrucción metálica;

> La presente Instrucción de Estructuras Metálicas representa, en primer lugar, un intento para llamar la atención sobre la urgencia de una tarea que es preciso acometer, sin demora, en nuestro país. La de la recopilación y

Página 10001

BOLETIN OFICIAL DEL ESTADO

Administración y venta de ejemplares: Trafalgar, 25. MADRID. Teléfono 57 50 07

Ejemplar: 1,50 pesetas. Atrasado, 3,00 pesetas. Suscripción: Año, 300 pesetas

Depósito Legal M.I-1958

Año XXIV Miércoles 22 de julio de 1959 Núm. 174

Figura 7.
BOE de 22 de julio de 1959.[14]

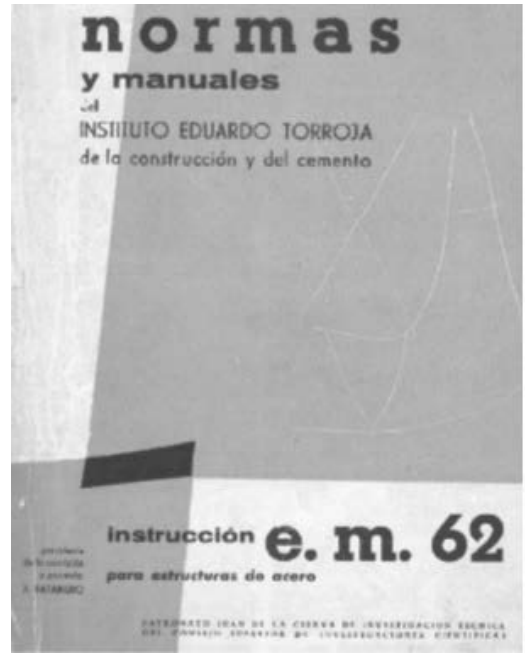



Figura 8
Instrucción EM 62 para estructuras de acero. Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento (1962).[15]

> puesta a punto de las ideas y principios fundamentales que deben presidir el proyecto, cálculo y ejecución de las construcciones metálicas, cuyo desarrollo se augura rápidamente creciente en los próximos años.[15]
>
> Era urgente, el disponer de una codificación de carácter general que, en lo posible, llenase las lagunas que todavía no han sido cegadas, o que no parece que puedan serlo en un plazo breve. De aquí, quizá, la prolijidad y desmesura del articulado de esta Instrucción.[15]

La instrucción se presentaba en dos partes; la primera, denominada *articulado*, constaba de 162 páginas constituyendo la parte normativa en sí, y la segunda, *los comentarios* a la primera, con un alcance de 134 páginas.

Viendo la necesidad imperiosa de una nueva reglamentación, el Ministerio de la Vivienda, promulgaría una serie normativa que viniese a cubrir esta realidad. Estamos en la génesis de las conocidas Normativas MV[7], distribuidas según se establece en la siguiente tabla.

- MV 101, Acciones en la edificación.
- MV 102, Acero laminado para estructuras de edificación.
- MV 102, Acero laminado para estructuras de edificación.
- MV 103, Cálculo de las estructuras de acero laminado en edificación.
- MV 104, Ejecución de las estructuras de acero en la edificación.
- MV 105, Roblones de acero; MV 106, Tornillos ordinarios y calibrados, tuercas y arandelas de acero para estructuras de acero laminado y MV 107, Tornillos de alta resistencia y sus tuercas y arandelas.
- MV 108, Perfiles huecos de acero para estructuras de edificación.
- NBE-MV 109, Perfiles conformados de acero para estructuras de edificación.
- NBE-MV 110, Cálculo de las piezas de chapa conformada de acero en edificación.
- NBE-MV 111, Placas y paneles de chapa conformada de acero para edificación.

Como se deduce, el ámbito de aplicación era muy ambicioso cubriéndose prácticamente la totalidad de campos. En la tabla previa se ha incluido la normativa MV 101 que, aun siendo una normativa de acciones en la edificación, también formaba parte del *corpus* de la normativa MV.

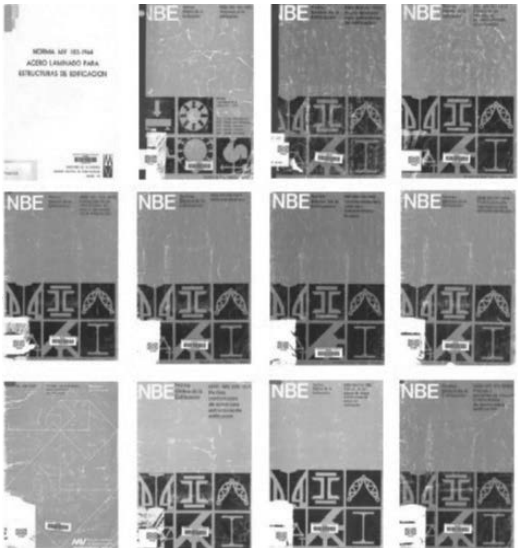



Figura 9
Serie normativa MV (1962-1982) (Pons 2014)

En 1973 se publicaron las Normas Tecnológicas de la Edificación [17] que serán conocidas popularmente como las NTE siendo,

> Relativas al desarrollo técnico de los proyectos, la ejecución y el control de las obras y al mantenimiento de los edificios y de sus componentes a fin de fomentar, a nivel operativo, su seguridad y calidad.[17]

Remarcar que esta serie no tuvo carácter obligatorio, servía básicamente como desarrollo de las Normas Básicas, es decir, eran un conjunto de soluciones recomendadas para los técnicos. A pesar de ello, se han incluido en la presente comunicación debido a su importancia.

En 1995 aparecería la Norma NBE EA-95, Estructuras de Acero en Edificación [8]. Aunque a priori puede parecer que el objetivo principal de la misma fuese la actualización normativa a las nuevas exigencias, la razón fundamental vendrá descrita en el prólogo de la misma: «la agrupación de todas esas normas (en referencia a la MV) en una sola norma básica de la edificación con estructura similar a la de otras normas básicas, a la vez que se introducen algunas modificaciones que resultan necesarias». En ella se refunden y ordenan la serie completa de normas relativas a estructuras de acero NBE-MV 102 a NBE-MV 111 con el matiz

Figura 10
Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE). [17]

Figura 11
Norma NBE EA-95, Estructuras de Acero en Edificación. [8]

que «debe aplicarse al proyecto y a la ejecución, tanto en taller como en obra, de las estructuras de acero en la edificación o de sus elementos estructurales». La vigencia de la normativa fue hasta 2006, momento en que fue derogada por el Código Técnico de la Edificación [18].

Finalmente, y enmarcado dentro del proceso de confluencia europea, cabe destacar el importante esfuerzo de adaptación e incorporación de las nuevas normativas europeas que realiza AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) al adaptar, como normas UNE, las versiones experimentales ENV de los Eurocódigos estructurales. Sin embargo, cabe remarcar que, previo a la aparición de la traducción oficial de esta versión ENV, se presentó de manera oficiosa la traducción de uno de sus borradores por parte de la patronal del sector.

> Dado que el Eurocódigo 3 es uno de los documentos básicos para la elaboración de las normas europeas EN relativas a Construcciones Metálicas, así como una fuente fundamental para los estructuralistas que trabajan con acero, se ha creído conveniente publicar la traducción de una de las versiones existentes de dicho documento, en concreto la del borrador final de diciembre de 1988 y distribuirla a los "ingenieros de enlace" en febrero de 1989.[19]

Con esta sentencia se prologaba el documento *Proyecto de Estructuras Metálica. Eurocódigo nº 3*. Conscientes que la normativa europea habría de tomar cada vez mayor relieve y, no habiendo aún publicación en el estado español, se presentó una traducción (no oficial de la misma) con la finalidad que las personas dedicadas al cálculo de estructuras tomasen un primer contacto a la espera de las correspondientes disposiciones oficiales. Apareció, en formato de entregas, dentro de la revista Construcciones Metálicas y Calderería [19] - editada trimestralmente por la Asociación Nacional de Construcciones Metálicas y de Calderería (Sercometal). Este

Figura 12
a) Traducción de Sercometal [12], b) Versión ENV de AENOR [9]

hecho permitiría al técnico, *a posteriori*, la agrupación de las mismas.

> Esta revista surgió a iniciativa del sector de constructores metálicos asociados en Sercometal y no tiene otro objetivo que la promoción del acero y la divulgación de técnicas de conocimiento que ayuden a incrementar la utilización de dicho material en nuestro país. Una de las formas de contribuir a dicho objetivo consiste en difundir la información técnica disponible, de forma que llegue al mayor número de interesados (ingenieros, arquitectos y calculistas en general) posible.[19]

A pesar de todo se remarcaba el carácter no oficial de la misma,

> «Esta versión española no es oficial y, por tanto, no sustituirá, en ningún caso, a la versión original del Eurocódigo 3 tomada de referencia y, mucho menos, a la que en su día se edite del mismo».[19]

A finales de periodo, aun cuando la gran apuesta son los citados Eurocódigos, la mayoría de los técnicos continúan trabajando con la normativa EA-95 [8]. A pesar de este hecho y, viendo claramente la importancia que los mismos tendrán en un futuro cada vez más cercano, en febrero de 1996 se publica una traducción de la versión inglesa (aún experimental) por parte de AENOR.

> Sin ser una norma obligatoria y aún teniendo, además, carácter experimental, constituye, sin duda, un documento técnico de indudable importancia para el sector de la construcción que, en su día, completada con todas sus partes llegará a ser una norma europea que facilitará la libre circulación de personas y de productos de acero para la construcción dentro de la Unión Europea. [9]

> «La norma experimental en su versión española UNE-ENV 1993 Proyecto de estructuras de acero Parte 1-1:

Reglas generales y reglas para edificación contiene las bases para el Proyecto, las propiedades de los aceros, el cálculo de las secciones y de los elementos estructurales, así como las reglas de construcción y del control de calidad de estas estructuras.» [9]

Este hecho será precedente del desarrollo espectacular y de la unificación normativa europea en el presente siglo XXI.

## Consideraciones finales. Conclusión.

Como se decía en la introducción, es imposible descontextualizar una normativa del periodo donde fue redactada y promulgada (Pons 2014). En esta comunicación se han indicado y caracterizado las principales normativas que han configurado el *corpus* normativo de la estructura metálica en el estado español durante el siglo XX, confrontándolas con el porqué de su aparición. Es relevante el auge que tuvieron, tanto a principios de siglo como pasados los años 60, así como su desuso en la década de los años 40. Estas razones no se podrían entender sin tener presente la historia real y concreta del país en los citados periodos.

Se deja al lector interesado en las distintas normativas existentes en el periodo estudiado (1900-2000), las referencias bibliográficas que ayudarán, sin duda, a una ampliación de los distintos puntos planteados.

## Notas

1. Gazeta e*s la base de datos que ofrece la colección histórica del Diario Oficial y contiene disposiciones y noticias publicadas en los diarios oficiales antecesores del actual «Boletín Oficial del Estado»* desde 1900 hasta 1959.
2. Boletín Oficial del Estado (BOE).
3. *Real orden disponiendo se publique en la Gaceta la Instrucción para la redacción de proyectos de puentes metálicos*. Publicación: 05/06/1902, número 156. Referencia: 1902/04265.
4. *Real orden aceptando el ofrecimiento del Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Profesor de la Escuela Especial, D. Domingo Mendizábal, y aprobar su proyecto de Instrucción para el cálculo de tramos metálicos*. Publicación: 24/10/1925, número 297. Referencia: 1925/10424
5. *Instrucción para la redacción de proyectos y construcción de estructuras metálicas, redactada por el Ingeniero primero del Cuerpo de Caminos, Canales y Puertos D. Domingo Mendizábal y Fernández, aprobada por Real orden de 17 de Marzo de 1930*. Publicación: 17/04/1930, número 107. Referencia: 1930/04541
6. *Decreto de 11 de marzo de 1941 sobre Restricciones en el uso del hierro en la edificación*. Publicación: BOE 12/03/1941, número 71. Referencia: 1941/02342.
7. *Decreto 4433/1964, de 3 de diciembre, por el que se establece la Norma MV 102-1964, Acero laminado para estructuras de edificación*. Publicación: BOE número 45 de 22/02/1965. Referencia: BOE-A-1965-2292.
   *Real Decreto 2899/1976, de 16 de septiembre, por el que se establece bajo la denominación de norma M. V. 102-1975 la revisión de la norma MV 102-1964, Acero laminado para estructuras de edificación*. Publicación: BOE número 299 de 14/12/1976. Referencia: BOE-A-1976-25284.
   *Decreto 1353/1973, de 12 de abril, por el que se establece la norma básica MV 103/1972, Cálculo de las estructuras de acero laminado en edificación*. Publicación: BOE número 153 de 27/6/1973. Referencia: BOE-A-1973-876.
   *Decreto 1851/1967, de 3 de junio, por el que se establece la norma MV 104-1966, sobre Ejecución de las estructuras de acero laminado en la edificación*. Publicación: BOE número 203 de 25/8/1967. Referencia: BOE-A-1967-14923.
   *Decreto 685/1969, de 30 de enero, por el que se aprueban las normas MV-105/1967, sobre Roblones de acero; MV-106/1968, sobre Tornillos ordinarios y calibrados, tuercas y arandelas de acero para estructuras de acero laminado, y MV-107/1968, sobre Tornillos de alta resistencia y sus tuercas y arandelas*. Publicación: BOE número 96 de 22/4/1969. Referencia: BOE-A-1969-482.
   *Real Decreto 3253/1976, de 23 de diciembre, por el que se establece la norma MV 108/1976, Perfiles huecos de acero para estructuras de edificación*. Publicación: BOE número 27 de 1/2/1977. Referencia: BOE-A-1977-2750.
   *Real Decreto 3180/1979, de 7 de diciembre, por el que se establece la norma básica de la edificación NBE-MV 109/1979, Perfiles conformados de acero para estructuras de edificación.* Publicación: BOE número 79 de 1/4/1980. Referencia: BOE-A-1980-6807.
   *Real Decreto 2048/1982, de 28 de mayo, por el que se aprueba la norma básica de la edificación NBE-MV 110-1982, Cálculo de las piezas de chapa conformada de acero en edificación*. Publicación: BOE número 205 de 27/8/1982. Referencia: BOE-A-1982-21709.
   *Real Decreto 2169/1981, de 22 de mayo, por el que se establece la norma básica de la edificación NBE-MV 111-1980, Placas y paneles de chapa conformada de acero para edificación*. Publicación: BOE número 229 de 24/9/1981. Referencia: BOE-A-1981-21614.

8. *Real Decreto 1829/1995, de 10 de noviembre, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación NBE EA-95 Estructuras de acero en edificación*. Publicación: BOE número 16 de 18/1/1996. Referencia: BOE-A-1996-1223.
9. UNE-ENV 1993-1-1:1996. / *Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación*.
10. *Real decreto dictando disposiciones relativas* á *la construcción de carreteras. Publicación: 22/04/1893, número 112. Referencia: 1893/03041.*
11. *Prontuario para el empleo de viguetas de acero en la construcción de edificios (1903). Bilbao: Altos Hornos de Vizcaya, Imprenta de la casa de la Misericordia.*
12. Prontuario y catálogo / Torras Herrería y Construcciones (1915). Barcelona.
13. *Decreto de 22 de julio de 1941 por el que se aprueba el Reglamento sobre las restricciones del hierro en la edificación*. Publicación: BOE 02/08/1941, número 214. Referencia: 1941/07550
14. *Decreto-Ley 10/1959, de 21 de julio, de ordenación económica*
15. *Instrucción E.M. 62 para estructuras de acero* / Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento (1962). Madrid: Patronato de Investigación Científica y Técnica "Juan de la Cierva" del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
16. *Instrucción H.A. 61*. Colección de normas y manuales del Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento (1961). Madrid.
17. *Decreto 3565/1972, de 23 de diciembre, por el que se establecen las normas tecnológicas de la edificación, NTE*.
18. *Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.* Publicación: BOE número 74 de 28/3/2006. Referencia: BOE-A-2006-5515.
19. Construcciones Metálicas y Calderería. Asociación Nacional de Construcciones Metálicas y de Calderería SERCOMETAL. Madrid (1984 - 1997).

## Lista de referencias

Batanero, Juan, [et al.]. 1971. *Estructuras metálicas de edificios*. Zamudio, Bilbao.

Pons Poblet, Josep María. 2014. *De Gaudí a Miralles: cent anys d'estructura metàl·lica a Barcelona*. Tesis doctoral. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña. Departamento de Resistencia de Materiales y Estructuras a la Ingeniería. http://hdl.handle.net/10803/279396.

Stahlbau. 1968. *La Construcción metálica / traducción de la obra alemana "Stahlbau" editada bajo la dirección de la Deutscher Stahlbau-Verband por Agustín Ramos López*. Madrid: [Tipografía Artística].

# La tradición francesa del hormigón armado en arquitectura en Chile, Argentina y México. Transferencias y adaptaciones de saberes y prácticas técnicas, 1890-1930

Ana Marianela Porraz Castillo
Yolanda Muñoz Lozano
Juan Pablo Pekarek

El presente trabajo explora la aparición del hormigón armado en Chile, Argentina y México en la construcción de edificios, una tecnología desarrollada principalmente mediante patentes registradas en Estados Unidos y en Europa. La contribución abordará, por medio de un estudio comparativo, el caso particular de profesionales de la construcción que participaron en la exportación de dichas tecnologías desde Francia, gracias a las encomiendas que recibieron en Santiago de Chile, Buenos Aires y Ciudad de México, respectivamente, y el sistema de concesionarios.

El trabajo se concentrará, con la base en fuentes primarias, en el análisis de Émile Jéquier (1866-1949), Carlos Agote (1866-1950) y Paul Adolph Dubois (1874-1953), arquitectos formados en Francia que, a principios del siglo XX, ejercieron profesionalmente en Chile, Argentina y en México, respectivamente, utilizando hormigón armado. El contrastar estos tres casos nos permitirá comprender la manera en que estos actores, y sus redes profesionales, se adaptaron a esta tecnología emergente, y aportaron nuevos conocimientos, según los diferentes contextos en que desarrollaron su obra.

## Introducción

Desde finales del siglo XIX e inicios del XX, los países de América Latina registran un inédito crecimiento demográfico y económico atado a los circuitos de capitales y migraciones del período que Eric Hobsbawm llamó «la era del imperio».[4] Estos países «nuevos» también se insertan en circuitos culturales y en otro tipo de transferencias que corresponden al correlato material de su acelerado desarrollo. En sus procesos de modernización urbana y territorial entran en contacto tradiciones, innovaciones, saberes, prácticas y materiales con notable libertad.[5] Se trata de complejas tramas de transferencias que los unen a Europa y Estados Unidos y que involucran además intercambios, resistencias, interferencias.[6] En este sentido, la expansión del hormigón armado nos permite corroborar la naturaleza dinámica, experimental y transformadora de esta región.

A nivel general, las opiniones favorables al hormigón armado estaban inicialmente ligadas a la seguridad contra incendios, a los costos de fabricación y ejecución, y a la plasticidad formal, valores que sus fabricantes utilizaban como propaganda. En América Latina se observan además otras razones, como la relativamente fácil formación de mano de obra para trabajarlo, o incluso cuestiones geopolíticas como la posibilidad de producirlo a nivel local. En ese contexto, el hormigón ofrecía una alternativa para suplantar buena parte de las importaciones y para favorecer distintas ramas de las industrias nacionales de materiales para la construcción y sobre todo, de la industria de la edificación.

En aspectos estrictamente técnicos, se observa sin embargo cierta desconfianza inicial por parte de constructores y gremios de obra, que los llevaba frecuentemente a utilizar el hormigón en combina-

ción con otros materiales como la mampostería y la estructura metálica. Esto coincide con la aparición de varias publicaciones que destacan sus ventajas técnicas, como *El arquitecto constructor* (1922) y *CACYA* (1927) en Argentina, *Concreto* (1918-1920) en Chile o las revistas *Cemento* (1925-1929) y *Tolteca* (1928-1932) en México. Y en paralelo, en el ámbito comercial, se registran patentes extranjeras y locales y se instalan filiales de grandes empresas para producir cementos y agregados y para la ejecución de obras. En Chile, llegaron representantes de Hennebique y Cottancin; en Argentina cobraron un lugar protagónico tras la Primera Guerra las alemanas *Wayss & Freytag* y *Dyckerhoff & Widmann*; y en México, la empresa norteamericana *Milliken Brothers*, así como las casas francesas *Schwarts & Meurer*[7] y Hennebique.[8]

Este artículo propone repensar algunas cuestiones de los años iniciales del hormigón armado. ¿Qué mecanismos operan en su afianzamiento como material central de la industria de la construcción? ¿Qué rol juegan en este proceso los arquitectos? ¿Bajo qué claves, con qué argumentos, con qué abordajes, se suman a la expansión de esta tecnología constructiva? ¿Cómo funciona en estas décadas la relación arquitecto-ingeniero-empresa?, y más allá de la discusión teórica de estas cuestiones: ¿Cómo se pone en práctica en concreto el hormigón armado en el marco del proyecto arquitectónico? A nivel historiográfico se ha estudiado la relación de esta tecnología constructiva con ideas y teorías de arquitectura en Francia.[9] Pero en América Latina, más allá de la conocida incidencia de la cultura arquitectónica liderada por el «sistema Beaux-Arts»,[10] sus cruces con problemas ligados a la materialización de las obras permiten ampliar los trabajos existentes a nivel transnacional. Buscamos aquí aclarar y completar este panorama concentrándonos sobre la presencia francesa en las transferencias técnicas por medio de tres casos particulares de construcción de obras de arquitectura en hormigón armado en Chile, México y Argentina.

Las tres vertientes de esta investigación comparten el uso de fuentes primarias inéditas, a ambos lados del Atlántico, expandiendo la historia de la arquitectura desde abordajes cercanos a la microhistoria y a las historias conectadas.[11] Ubicándonos en el cruce de la historia del arte y de la arquitectura con la historia de las técnicas, los métodos de esta última permiten emprender un enfoque material de temas de arquitectura desde su puesta en práctica en relación con otras profesiones y con un marco social y cultural expandido.[12] Estos conceptos nos facilitan un abordaje de temas y problemas de arquitectura desde las tecnologías y materiales constructivos –extracción, producción, ejecución, comercialización, circulación–, como también en relación con otros actores presentes en las redes amplias de los arquitectos y en el mundo de la construcción –empresas, ingenieros, constructores, comerciantes, clientes, bancos–.

## Santiago de Chile. El Palacio de Bellas Artes (1902-1910) de Émile Jéquier: entre la tradición y la modernidad

Como se ha estudiado,[13] los grandes avances en comunicaciones ocurridos durante el siglo XIX, no sólo permitieron el transporte de personas, correo y prensa entre Europa y América. Los viajes transatlánticos y las nuevas tecnologías de comunicación -como el telégrafo- también permitieron el traslado y la diseminación del pensamiento entre ambos continentes.[14] Este periodo corresponde a lo que algunos autores han descrito como el resultado de diversos procesos de importación de modelos, tanto estilísticos y arquitectónicos como técnicos.

En Chile, el uso del hormigón armado[15] se introdujo muy tímidamente en la última década del siglo XIX y su aceptación fue creciendo en la primera mitad del XX, hasta consolidarse como protagonista ya en la segunda mitad del siglo. Su llegada a América Latina y a Chile se debe gracias a una globalización comercial del hormigón armado como producto, que se inició a fines del siglo XIX mediante el desarrollo de las primeras patentes que protegían su uso y que alcanzaron gran éxito comercial. Es el caso de los sistemas diseñados por los franceses François Hennebique o Paul Cottancin, que tuvieron amplia difusión y fueron traídos a Chile mediante representantes especialmente designados para tal fin.

Coincidiendo con los preparativos de la celebración del Centenario,[16] en Chile el cambio de siglo[17] corresponde a un periodo donde se generaron nuevas relaciones comerciales con países europeos como Francia, Bélgica, Inglaterra y Alemania, lo que devino en la llegada de nuevas tecnologías a la industria

de la construcción local[18]. El hormigón armado es un ejemplo paradigmático de estas nuevas tecnologías. Su utilización en edificios públicos de gran relevancia es interesante y sorprendente, porque supuso un proceso complejo de adopción en el cual el material no es una mera novedad, sino que se sitúa en la administración pública por considerarlo seguro en un país sísmico y a su vez adecuado para resolver la arquitectura clasicista de estos edificios.[19]

El inicio del siglo XX en América Latina estuvo marcado por las celebraciones de los centenarios de la independencia en diversos países. Estos festejos se expresaron, muchas veces, a través de grandes obras, que tenían una importancia material y también simbólica:[20] monumentos, renovaciones urbanas y nuevos espacios públicos.[21] Es inevitable observar lo que pasó en América Latina en el cambio de siglo, a la luz de lo que ocurrió en París entre 1850 y 1870, bajo el impulso del Barón Haussmann.[22] Para muchos autores, el París de Haussmann es considerado como el punto de inicio del planeamiento urbano moderno.[23] Este nuevo modelo de ciudad estuvo vinculado a la formación del concepto de nación y la consolidación de la República.[24]

En Chile se gestaron diversos planes de remodelación de la capital con miras a alcanzar el Centenario con un Santiago moderno y distinto. La mayoría de estos planes no se concretaron.[25] Sin embargo, el gobierno chileno sí logró ubicar a las obras públicas en el centro de las celebraciones del Centenario: son parte de este período obras de gran relevancia e impacto urbano como las estaciones ferroviarias Pirque y Mapocho, el alcantarillado[26] de Santiago –adjudicado mediante concurso público– y el Palacio de Bellas Artes.

Diversos agentes extranjeros participaron en la difusión del hormigón armado y su consolidación como dominador del mercado chileno de la construcción. Tal vez el agente más importante en esta transmisión de saberes fue la Compañía Holandesa de Cemento Armado, se instaló en Chile en 1905. Tuvo una actividad muy dinámica centrada en la promoción del uso del hormigón armado, para lo cual participaron como consultores e incluso como contratistas en muchas obras de gran importancia, como es el caso del Palacio de Bellas Artes. También se debe destacar la labor arquitectos extranjeros como Víctor Auclair, Hormidas Henríquez, Eugenio Joannon (quienes incluso hicieron publicaciones respecto de

Figura 1
El Palacio de Bellas Artes el día de su inauguración en 1910. Autor desconocido. Fuente: Archivo Museo Nacional de Bellas Artes

las bondades del hormigón y su correcta utilización en la construcción);[27] los representantes comerciales de las patentes francesas –uno de los cuales era el mismo Joannon– entre otros.[28] Esta diversidad y gran calidad de agentes favoreció la diseminación del nuevo conocimiento rápidamente, lo que redefinió –en poco tiempo– la materialidad de las ciudades chilenas.[29]

La elección de un edificio dedicado a la cultura para ser el protagonista principal de los festejos del Centenario en Chile no debe ser vista como una mera casualidad.[30] Los nuevos edificios públicos del período, como el Palacio de Bellas Artes, conllevan una carga simbólica social, cultural y política muy significativa, ya que es en ellos donde la sociedad civil asentó y fortaleció su posición. Tienen un rol funcional, y también un rol político y simbólico, ya que se configuraron como edificios representativos de la joven república de Chile.[31]

La tipología de Museo, considerada como una institución de la memoria, se instaura a la vez como un repositorio y exponente de ésta.[32] Durante el siglo XIX en Chile ocurre lo que podríamos llamar el nacimiento de una nueva república, un proceso que también es referido como la construcción del Estado-Nación. Este proceso no fue netamente político y adquirió también matices de carácter cultural en el camino hacia la definición de una identidad propia que distancie claramente a la joven república chilena del su pasado colonial.[33] Estos edificios se caracterizaron por tener una escala urbana hasta entonces des-

conocida en Santiago. Se trató, a menudo, de construcciones aisladas, que se insertaban de manera distinta en la trama urbana tradicional de la ciudad.

Este edificio fue uno de los primeros en Santiago en incorporar en su construcción componentes de hormigón armado,[34] lo que constituyó una innovación de enorme relevancia en el campo de la tecnología de la construcción, tanto a nivel de Chile como en América Latina. Esta decisión no debe tomarse a la ligera, ya que es un aspecto que tiene muchas aristas, que no es casual y que trajo diversas consecuencias. La planimetría y especificaciones del proyecto no contemplaban incluir hormigón armado en su construcción. Sin embargo, un problema técnico al efectuar un sector de las cimentaciones ocasionó que el arquitecto Jéquier tomara la decisión de recomendar cimentaciones y vigas de hormigón armado a la Dirección de Obras a cargo del proyecto. Estas decisiones han quedado registradas en las numerosas cartas, contratos y documentos del periodo que se conservan en el Archivo Nacional.[35]

Al igual que el Bellas Artes, el primer edificio público francés en el que se utilizó hormigón armado estaba dedicado a la cultura: el Petit Palais,[36] inaugurado para la Exposición Universal de 1900 en París. Tal como pasó en Chile con Jéquier, fue el arquitecto del edificio – Charles Girault – el principal responsable de la adopción del concreto armado en su construcción. En este caso, la opción de Girault fue específicamente por el sistema Hennebique.[37]

Figura 2
Primer piso del Palacio de Bellas Artes durante su construcción. Fotografía de 1905. Se aprecian los gruesos muros de albañilería que lo soportan. Fuente: Archivo Fotográfico del Museo de Obras Públicas

A través de la revisión de este caso de estudio, hemos podido relevar la importancia del hormigón armado en Chile del cambio de siglo desde un punto de vista socio-técnico y hasta simbólico, como soporte material de los primeros edificios públicos de carácter moderno, realizados con el pretexto de la celebración de lo nacional por el Centenario de la Independencia de Chile. Este breve recuento nos ha permitido ir desenvolviendo las distintas capas de un período clave de la consolidación de la República en Chile, que se apoyó en los nuevos edificios públicos para construir identidad, y cuya materialización se logró gracias a la posibilidad de optar por el hormigón armado.

En el caso del Palacio de Bellas Artes, la opción fue la incorporación del hormigón armado en algunos elementos estructurales, dotándolo de un carácter decididamente moderno, aun cuando los elementos decorativos exteriores lo hacían ver como un edificio *Beaux-Arts* tradicional.

## Buenos Aires. La construcción de la Bolsa de Comercio (1913) de Alejandro Christophersen: *Ingénieurs-constructeurs* de la Ecole Centrale de Paris, entre arquitectos y empresarios, el rol de Carlos Agote y Hennebique

Los ensayos tempranos del hormigón armado en el Río de la Plata se deben al desarrollo de aisladas patentes de técnicos locales desde finales del siglo XIX,[38] y su expansión masiva a la implantación de grandes empresas alemanas que sistematizaron el uso de este material en las dos primeras décadas del siglo XX, promoviendo no sólo su ejecución sino también su producción [3].[39] Las patentes francesas de hormigón armado son menos conocidas. Esta investigación busca mostrar que se desarrollaron en suelo argentino en el cruce entre los arquitectos formados bajo la tradición del «sistema» de la École des Beaux-Arts y la discreta presencia de los ingenieros civiles de la École Centrale des Arts et Manufactures de París (ECP). Con fuerte inclinación por la industria francesa, se destacaron en Argentina dos *centraliens*[40] involucrados en la construcción de obras de arquitectura: el argentino Carlos Agote (1866-1950) y el francés Jules Bétard (1885-1932), egresados respectivamente en 1890 y 1908.[41]

Agote ha sido «director técnico» de obras célebres del «academicismo francés», como el diario *La Pren-*

*sa* (1898) y los *hôtels particuliers* Paz y Ferreyra (1912).[42] Pero además de actuar como ingeniero civil en la ejecución de proyectos enviados desde Paris por arquitectos como Sortais, Dupuy y Sanson, participaba en la elaboración de proyectos y se desempeñaba también como comerciante, representante y concesionario de fábricas francesas, permitiéndonos analizarlo además desde la figura del *entrepreneur*.[43] Cabe destacar que entre los establecimientos con los que trabajaba se identifican numerosos *centraliens* entre sus propietarios y directores técnicos, entre otros: la metalúrgica Moisant, la fábrica de calderas Delaunay-Belleville y, precisamente, la gran difusora del hormigón armado Hennebique. Su joven colega Bétard, director de la empresa constructora «Bétard y Bouissou», era el «concesionario» de esta última en Buenos Aires.

A diferencia de la formación politécnica, abstracta y al servicio de funcionarios técnicos de Estado, se ha demostrado que la ECP buscaba formar ingenieros para el estímulo del desarrollo industrial privado francés según el «modelo inglés» con la enseñanza práctica de las «ciencias industriales».[44] Este perfil multifacético del ingeniero en tanto que capitalista industrial tendría aplicaciones peculiares en suelo argentino, donde, más que pioneros de la industria, los ingenieros se convertirían en *go-between*[45] entre sus clientes de la élite local y los fabricantes de Francia.

La tradición *centralienne* de la arquitectura entendida como «arte de construir» se remontaba a la primera mitad del siglo XX, cuando la formación en construcciones civiles fue organizada por Louis Charles Mary,[46] a quien le siguieron en su cátedra los profesores Émile Muller y Jules Denfer durante los años de preparación de Agote y Bétard. La producción escolar de estos estudiantes acusa recibo de estas enseñanzas, en las que se mantuvo por décadas un mismo concepto de la práctica de la arquitectura articulando las nociones de composición y construcción.

El paso de estos ingenieros por la ECP –tanto contenidos de cursos como producción escolar– puede rastrearse en los Archivos Nacionales de Francia (AN).[47] La mayor parte de las lecciones se focaliza sobre el «Empleo de materiales», priorizando el ejercicio de criterios de elección de materiales de edificación, no como científicos ni calculistas, sino como conocedores de las condiciones existentes de mercado y de recursos. Si bien estos profesores tardaban en dar un espacio al hormigón armado en sus cursos, entre sus alumnos ya había futuros pioneros del material, muchos de ellos ligados a Hennebique, como Edouard Arnaud (1864-1943), contemporáneo de Agote, quien sería profesor hacia 1910 y pondría finalmente el foco en los alcances formales y técnicos del hormigón.

En cuanto al vínculo de estos ingenieros con la sociedad Bétons armés Hennebique, puede examinarse en el archivo de esta empresa en el Centre d'Archives d'Architecture Contemporaine.[48] El fondo se compone de carpetas correspondientes a cada proyecto de construcción y se identifican dos grupos principales de documentos: las solicitudes de los clientes, enviadas por los agentes y concesionarios (planos de arquitectura y correspondencia), y el servicio de cálculo y presupuesto de la oficina técnica parisina (planillas de cálculo, dibujo de detalles, precios y honorarios).

Indagaremos aquí un proyecto de construcción en particular: el de la Bolsa de Comercio porteña (1913), proyectada por Alejandro Christophersen (1866-1946), formado en el atelier parisino de Jean-Louis Pascal. En la carpeta aparece el «eminente» arquitecto, como también la empresa constructora de Bétard, el «ingeniero consejero» Agote, Hennebique y el cliente. Bétard solicitaba los servicios de cálculo estructural a Hennebique para presentar una oferta al llamado a licitación para construir el edificio. Para ello enviaba desde Buenos Aires planos de arquitectura, que debían ser devueltos con planillas, cómputos, detalles y presupuestos. En la correspondencia se resaltaba la necesidad de superar las propuestas de firmas alemanas e italianas como Philipp Holzmann, Wayss & Freytag y Baldassare Zani.

Bétard se había entrenado en las oficinas parisinas de Hennebique y asumiría la responsabilidad financiera y material de la obra, mientras Hennebique, la garantía técnica de sus servicios de cálculo y diseño estructural. El concesionario señalaba sin embargo que Agote era «la persona cuyos consejos prevalecerán» de cara al cliente y al arquitecto. Agote apadrinaba sin embargo a Bétard, y le había facilitado las condiciones del concurso antes de que se publicaran. También había convencido a Christophersen para sumarse a una «entente» francófila con esta red de empresas e ingenieros *centraliens*. A tal punto, que los mensajes entre ingenieros afirman que el cuestionado bloque de oficinas de renta que el gran hall de la Bol-

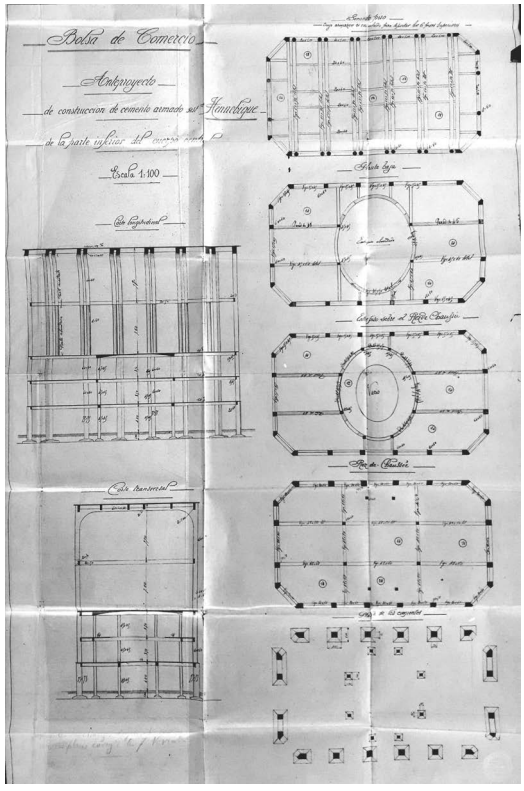



Figura. 3
Blueprints con los planos «mudos» de arquitectura de la Bolsa del arquitecto Christophersen, que la empresa constructora Bétard y Bouissou envía a Hennebique para su estudio, 76 Ifa 2570, Centre d'Archives d'Architecture Contemporaine

sa debía sostener, se concibió pensando que el hormigón resolvería elegantemente las grandes luces y la falta de alineamiento vertical de columnas de un piso a otro.

Bétard y Agote presionaban para que el prestigioso nombre de Hennebique apareciera en la firma de la propuesta al concurso, pero la empresa quería limitar sus responsabilidades al mero cálculo. El ingeniero argentino creía que de ese modo las sociedades alemanas, establecidas en el país y encargadas de la totalidad de las obras «llave en mano», terminarían conquistando el mercado local. Y así fue: hacia finales de la guerra (1918), casi no se registran pedidos de Sudamérica a la oficina de Hennebique, mientras

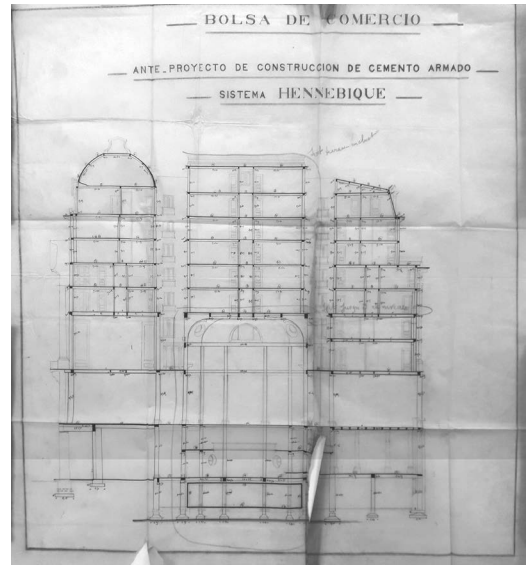



Figura 4
Propuesta preliminar de Bétard y Bouissou para materializar el gran hall de la Bolsa con la patente Hennebique, y el resto del esqueleto con metal y mampostería, 76 Ifa 2570, Centre d'Archives d'Architecture Contemporaine

las empresas alemanas adquirían los principales encargos públicos y privados. La competencia entre patentes de distinto origen había sucumbido ante el desarrollo local de las industrias del hormigón, como

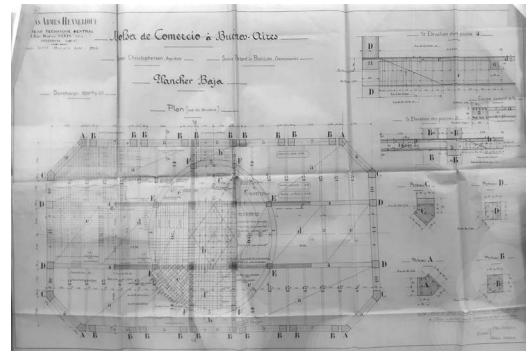



Figura 5
Detalle constructivo del hall de la Bolsa desarrollado en la oficina técnica parisina de Hennebique, cuya copia es remitida a Buenos Aires para su correcta ejecución, 76 Ifa 2570, Centre d'Archives d'Architecture Contemporaine

también ante la formación práctica de ingenieros y constructores que al cabo de unos años adquirieron el conocimiento teórico y el *savoir-faire* necesario para prescindir de estos contratos transatlánticos. También gracias a estos casi anónimos ingenieros y constructores, la tradición del hormigón armado se fue instalando en la práctica de aquellos arquitectos que se abrieron a alianzas interdisciplinares para llevar a buen término sus proyectos.

## Ciudad de México. El Palacio de Hierro (1914-1921) de Paul Dubois: implantación y dificultades del sistema Hennebique en los años 1920

En México entre 1902 y 1908, existen pocos ejemplos de construcciones que utilicen el hormigón armado.[49] Como Alejandro Leal Menegus (2014) apunta, la introducción de dicho sistema en México se realizó de forma paulatina a partir de 1908. Antes de esa fecha, su uso más común era para cimentar grandes edificios de hierro, particularmente en la capital, en donde el subsuelo pantanoso requería una estabilización estructural.[50]

En México, la empresa neoyorquina *Milliken Brothers*, asociada a la firma de los arquitectos *Lemos & Cordes*,[51] fue pionera en la construcción con hormigón armado para la ejecución de cimientos "flotantes".[52] Hacia 1905, esta empresa estadounidense estaba presente en varias regiones de los Estados Unidos, así como en Sudáfrica y Cuba.[53]

La Primera Guerra Mundial (1914-1918) fue un período crucial para la distribución de hormigón armado en varias ciudades. Este fue el caso de la Ciudad de México, cuyos primeros edificios construidos integralmente en estructura de hormigón armado se ejecutan principalmente entre los años 1920 y 1930.[54] Sin embargo, como Enrique De Anda (1990) lo señala, dichos casos fueron aislados, ya que en su mayoría dicho sistema fue utilizado principalmente como un reemplazo de la fábrica de piedra y ladrillo, asociado al hierro y al acero.[55]

Como lo indica Mónica Silva Contreras, la patente desarrollada por François Hennebique en Francia se extendió rápidamente durante las primeras décadas del siglo XX en México. Los concesionarios este país fueron el contralmirante Ángel Ortiz Monasterio (1849-1922) y el ingeniero naval Miguel Rebolledo (1868-1962),[56] quien había realizado sus estudios en Francia.[57] Durante la década de 1920, el relativo éxito del hormigón armado y del sistema Hennebique acompañó la explosión del mercado inmobiliario en las principales ciudades de México, en especial en la época del gobierno de Plutarco Elías Calles. Asimismo, su aspecto pétreo, y su promesa de brindar seguridad contra incendios y terremotos, llevó a algunos constructores a probar esta innovación tecnológica.[58]

En dicho contexto, nos preguntamos ¿De qué manera la patente de François Hennebique se expande en el mercado de la construcción en la Ciudad de México durante los años 1920 y con qué dificultades se enfrentaron sus concesionarios?

Para responder a dicha cuestión, habría que destacar que, a pesar de que el régimen francófilo de Porfirio Díaz Mori (1830-1915) había llegado a su fin con la Revolución mexicana (1910-1920), los constructores franceses y los mexicanos formados en Francia tenían todavía una presencia importante en las redes profesionales del país. Esto sin contar las numerosas empresas de la Colonia francesa de México[59] en la industria textil, el comercio y la banca. Esto favoreció un contexto de acogida propicio para la expansión de la empresa de *Hennebique* en la Ciudad de México, en particular durante los años 1920, después del conflicto revolucionario.

Por medio del caso de la reconstrucción del gran almacén El Palacio de Hierro (1914-1921), obra de los arquitectos franceses Paul Adolphe Dubois (1874-1953) y Fernand Marius Henri Marcon (1877-1962)[60] pretendemos establecer cómo el hormigón armado – en particular el sistema *Hennebique* – se transformó en una alternativa privilegiada para algunos profesionales de la construcción y sus clientes. Para realizar dicha tarea, hemos utilizado varios fondos conservados en archivos en Francia, notablemente el fondo privado del arquitecto Fernand Marcon conservado en el Musée de la Vallée (Barcelonnette), en fondo *Hennebique* conservado en el Centre d'archives d'architecture contemporaine en París, así como los archivos municipales de Lyon. Dichos archivos nos permitieron conocer con detalle las actividades del despacho Dubois-Marcon, así como sus redes profesionales.

La primera experiencia de los arquitectos Paul Dubois, Fernand Marcon y su colaborador, Antonin Gabriel Godard (1881-?) con el hormigón armado fue la primera etapa del Hospital francés, realizada en 1913 en la Colonia Doctores, en la Ciudad de México.[61]

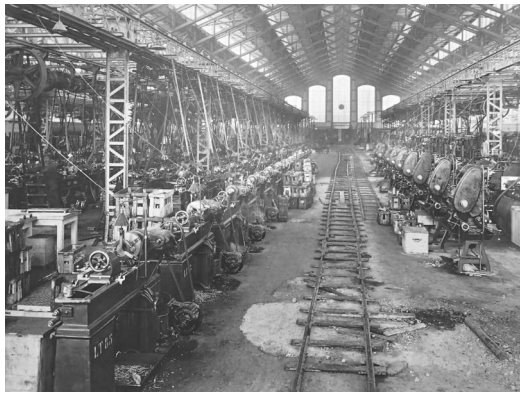


Figura 6
Anónimo, Fotografía exterior del Matadero *de la Mouche* convertido en fábrica de municiones, cota 2PH338I1, Archivo Municipal de Lyon

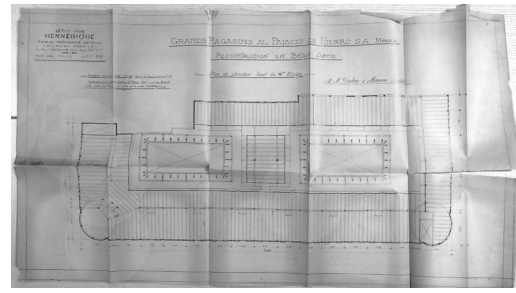



Figura 7
Oficina de François Hennebique en París, Plano del cuarto piso del proyecto estructural de la tienda El Palacio de Hierro realizado en 1917, 76 IFA 2688, Centre d'archives d'architecture contemporaine en París

Pero no fue hasta la llegada de la Primera Guerra Mundial que un miembro del despacho, Fernand Marcon, entró de lleno en contacto con la construcción en hormigón armado y en particular con el sistema Hennebique.

En 1914, Dubois, Marcon y Godard fueron movilizados para participar militarmente en el conflicto. Dos años más tarde, por cuestiones de salud,[62] Fernand Marcon fue asignado a trabajar en la *Société d'éclairage* électrique (Empresa de Alumbrado Eléctrico) en Lyon, para producir municiones en el gran hangar del Matadero *de la Mouche.*[63] Dicho espacio había sido concebido por el arquitecto Tony Garnier (1869-1948) para albergar la Exposición Internacional Urbana de 1914, pero durante la guerra fue transformado en una fábrica de armamento.

Dentro de este lugar, en 1917, Fernand Marcon conoció al ingeniero Paul Agros, concesionario de la empresa de *Hennebique*.[64] Marcon le contó a Agros sobre el proyecto que desde 1914 habían recibido de parte de los hermanos Tron para realizar la reconstrucción del gran almacén El Palacio de Hierro, destruido durante un incendio.[65] Paul Agros se convierte desde ese momento en el asesor técnico del proyecto, introduciendo a Fernand Marcon a los cálculos y al diseño estructural en hormigón armado.

La abundante correspondencia entre los diversos interlocutores en Lyon, París y México permite rastrear la historia de la intervención de la empresa Hennebique en relación con el proyecto del gran almacén El Palacio de Hierro.[66] El proyecto técnico fue desarrollado entre 1917 y 1918 por Fernand Marcon, Paul Agros, la agencia Hennebique en París y sus representantes en México (Miguel Rebolledo y Ángel Ortiz Monasterio), no sin múltiples dificultades debido a retrasos postales o pérdidas de correo durante esos tiempos convulsos.

Después de veinte meses de discusiones, los dueños, los hermanos Tron (Maison Tron & Cie en París) y sus socios en México finalmente decidieron adjudicar el proyecto a la empresa Schwarts & Meurer en París.[67] Rebolledo y Monasterio se mostraron muy sorprendidos y desmoralizados por este repentino cambio.[68] No obstante, el proyecto fue ejecutado en hormigón armado, siguiendo los cálculos iniciales.[69] Asimismo, esta experiencia permitió a Miguel Rebolledo entrar en contacto con Paul Dubois y Fernand Marcon, con quienes colaboró en varios proyectos posteriores en la Ciudad de México.[70]

Por medio de este caso de estudio, podemos establecer efectivamente que la presencia de profesionales franceses en la capital mexicana favoreció en cierta medida la expansión de la filial *Hennebique* durante los años 1920. Dicho sistema constructivo gana confianza entre los arquitectos, como lo podemos observar entre los miembros del despacho Dubois-Marcon, quienes utilizan sistemáticamente el hormigón armado desde 1921 hasta 1929 en todos sus proyectos de gran envergadura en el centro de la capital mexicana.[71] También consideramos que la publicidad de dicho sistema, que se prometía resistente

Figura 8
F. Marcon, vista del lugar de la reconstrucción en hormigón armado de la tienda El palacio de Hierro en 1919 y 1920, 2016.10.15_2c, fondo Marcon, Musée de la Vallée

a los incendios, pudo también haber incentivado a algunos propietarios a utilizar dicho sistema.[72]

Nuestro caso también ilustra las dificultades para los concesionarios de esta patente, sobre todo debido a la competencia con las empresas de construcción de estructuras de hierro y acero, ya consolidadas en el mercado.[73] Para nuestro caso específico, a pesar de que la empresa francesa *Schwarts & Meurer* trabajaba principalmente con estructuras metálicas, observamos que en esta ocasión diversificaron sus prácticas y exploraron otras posibilidades de construcción. ¿Ejemplo aislado o práctica recurrente? La pregunta merece la pena de ser explorada en una investigación posterior.

## Conclusión

Hemos observado en primera instancia que el éxito que el hormigón armado mostró en América Latina en la década de 1930 se venía anunciando desde inicios del siglo XIX, no sin algunas vacilaciones por parte de quienes practicaban la arquitectura. Su aceptación se generalizó gradualmente, inicialmente, en dos campos específicos: el económico y el técnico. El primero se relaciona a la posibilidad de desarrollo de la industria de explotación y de producción del material, fundamental en países dependientes de importaciones de acero como Argentina. El segundo, a la rapidez con la que se adquirían los conocimientos necesarios para trabajarlo y a su peculiar atractivo por sus parámetros de seguridad, particularmente en regiones sísmicas como México y Chile. Esta inclinación por el hormigón armado por parte de empresas constructoras, por un lado, y de ingenieros civiles, por el otro, fue penetrando en el ámbito de los arquitectos que, más allá de su rol como «artistas» a cargo del proyecto, fueron forjando un sentido común en el que sentían que debían ser partícipes del proceso constructivo de sus obras, articulando arquitectura con edificación.

Hemos observado también que, a pesar de plegarse al uso del hormigón armado, los arquitectos lo hicieron siguiendo claves propias de su profesión. Menos preocupados por cuestiones pragmáticas de recursos materiales y económicos o de mero cálculo matemático, el hormigón se incorpora además como un atributo técnico y simbólico de la renovación material de las capitales latinoamericanas. Así es como se ha explorado el uso de este material en la obra de Estado en el Chile durante el Centenario de su Independencia. En este sentido, destacamos también que el período estudiado es netamente experimental: está en plena discusión la relación entre la construcción y la forma construida, el interrogante sobre los rumbos que debe tomar el proyecto ante la llegada de una nueva tecnología y de un nuevo material. Y es en este punto fundamental señalar la presencia en México de un destacado militante del hormigón, Paul Agros, quien mientras asesoraba a los arquitectos locales, exploraba las posibilidades formales del material desde la experiencia misma de la construcción.

Los estudios de Chile, Argentina y México han rastreado las pistas de su relación con la tradición francesa del hormigón armado desde el abordaje de circuitos de transferencias, interferencias y resistencias. En este punto identificamos la heterogeneidad de los mecanismos a través de los cuales circularon saberes, saberes prácticos y materiales a ambos lados del Atlántico.

En Chile hemos observado la obra del arquitecto Jéquier y su Palacio de Bellas Artes, un proyecto en el que la circulación de modelos y conocimiento entre Francia y Chile no se limitó a rasgos formales, estilísticos y compositivos. Se trató también de procesos de intercambio de saberes técnicos que facilitaron, además, innovaciones en los modos de edificar en Chile, consolidando al hormigón armado

como un sistema constructivo atributo de la modernidad. Por otro lado, la decisión de incorporar el hormigón armado en la construcción de edificios públicos, impulsada por razones comerciales y técnicas, se realizó muy tempranamente, solo cinco años después que esto mismo ocurriera en París con el Petit Palais en 1900, cuando por primera vez se utilizó el hormigón armado en un edificio público francés.

En México se ha mostrado cómo el arquitecto Dubois se ve inmerso en una trama de actores diversos que determinan tanto el proyecto como su ejecución material: técnicos, empresas, clientes. Cada uno de ellos aporta una variable diferente en una puja de intereses y de roles que se traduce además en una suerte de competencia entre materiales: hierro, ladrillo, hormigón. Una competencia que a menudo se ve también atravesada por la disputa entre las potencias europeas y norteamericanas por los mercados, incluyendo las empresas dedicadas a la construcción en los mercados latinoamericanos.

En Argentina se reconoce también esta disputa de carácter geopolítico, donde comerciantes de la comunidad francesa se asocian a arquitectos e ingenieros del mismo origen para conformar alianzas ante las presencias británica, norteamericana, alemana. Esto se ha visto en el cruce de la cultura *Beaux-arts* y la tradición de la École Centrale con el caso de la asociación entre el arquitecto Christophersen y el ingeniero Agote, un personaje que asume la dirección de obra y a la vez articula intereses comerciales franceses con una fuerte inclinación en favor de Hennebique.

Estos tres casos nos permiten conocer desde ángulos precisos distintos modos en los que el hormigón armado entró en juego en la construcción de grandes edificios en las capitales latinoamericanas a inicios del siglo XX. Se trata de complejos circuitos de transferencias que no se producen únicamente a través del océano Atlántico, sino que además son atravesadas por intercambios entre saberes y profesiones diferentes, entre arquitectos, empresas, ingenieros, comerciantes y Estados nacionales. Sin apuntar a realizar un estudio exhaustivo, nuestro trabajo comparativo propone principalmente abrir el panorama para abordar una historia de la arquitectura incorporando temas, como también fuentes históricas, menos estudiadas. Con foco en materiales, procesos y técnicas constructivas, hemos buscado abrir algunas pistas de investigación para nuevas exploraciones.

## Notas

1. Ana Marianela Porraz Castillo, Arquitecta, Magister en Historia Cultural y Social de la Arquitectura (U. Paris-Saclay) y doctora en Arquitectura por la Universidad de Paris-Saclay. Investigadora asociada al Laboratoire de recherche de l'Ecole nationale supérieure d'architecture de Versailles (LéaV).
2. Yolanda Muñoz Lozano, Arquitecta, Magister en Arquitectura, Pontificia Universidad Católica de Chile. Doctoranda Pontificia Universidad Católica de Chile y Université Paris 1 Panthéon Sorbonne.
3. Juan Pablo Pekarek, Arquitecto, Máster en Techniques, Patrimoine et Territoires de l'Industrie (Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne y la Universidad de Padua). Doctorando por el Institut d'Histoire Moderne et Contemporaine (IHMC, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne) y Encargado de investigaciones del Institut National d'Histoire de l'Art (INHA, Francia).
4. Hobsbawm 2009.
5. Almandoz 2002.
6. Para Ángel Rama (2004), hacia 1870 se inicia un período de modernización que supuso la ejecución de diversas operaciones de «transferencia» (o interferencia), en lugares muy apartados del continente. En ese sentido, es importante distinguir «los complejos procesos de circulación internacional de las ideas», y no simplificarlos al considerarlos meramente como influencia o mera copia (Novick 2009). Estos procesos tienen que ver más con el diálogo, con movimientos de flujo y reflujo, (Pérez Oyarzun, 2002) no son unidireccionales y pueden involucrar a más de dos participantes a la vez.
7. La empresa *Schwarts & Meurer et Bergeotte* fue una empresa francesa de construcción metálica que, en 1919, también absorbió la fundición Haumont. También trabajaron en la realización de los herrajes en el interior del Centro Mercantil, hacia 1910 y en la renovación del primer edificio para El Palacio de Hierro (1909-1910). Según la correspondencia encontrada en el *Centre d'archives d'architecture contemporaine* dicha empresa también supervisó los trabajos de obra de la reconstrucción del Palacio de Hierro, terminado en 2021, desplazando a los concesionarios de la empresa Hennebique en México. Esto se aborda con mayor precisión en la tercera parte del presente artículo. Ver: Yamana 2003 y Porraz Castillo 2021.
8. Desde 1902. Ver Katzman 1973, 290.
9. Simonnet 2005.
10. Garric 2017.
11. Bertrand y Calafat 2018.
12. Lambert y Nègre 2012.
13. De Ramón 1992, Hardoy in Hardoy y Richard 1988.
14. Ward 2018.

15. Llamado generalmente concreto armado, en Chile se prefiere la denominación «hormigón».
16. Chile celebró el Centenario de la Independencia Nacional el 18 de septiembre de 1910.
17. En este texto, cuando nos referimos al cambio de siglo, hacemos referencia al paso del siglo XIX al XX.
18. Greve 1938.
19. Hablando sobre la Biblioteca Nacional. «El hormigón armado fue el procedimiento constructivo que resolvió las formas clasicistas de la biblioteca, en una clara contradicción con los avances que la propia academia mostraba.» Torrent 2014.
20. Estas celebraciones tenían un trasfondo simbólico para América Latina, de demostrar la solidez de su vida independiente, consolidando así el concepto de nación de cada uno de los países que fueron virreinatos de España. Esto ocasionó no pocas exageraciones en los festejos, que fueron denominados como «arrogante auto-celebración» por Ángel Rama. Rama 2004.
21. Almandoz 2002.
22. Rama 2004, 123.
23. Ward 2002, 12.
24. Faba 2013.
25. Gross 1995.
26. El trazado del nuevo alcantarillado de Santiago trajo muchas consecuencias urbanas a la ciudad: reforzó la trama de damero existente, y cambió la estructura de frentes de la manzana tradicional. De esta manera, se hizo casi imposible introducir trazados alternativos -como diagonales- contribuyendo a consolidar el centro histórico de Santiago. El proyecto fue resultado de un concurso público, del que resultó ganadora la empresa Batignolles y Fould, en octubre de 1904. Pérez Oyarzún, Rosas Vera y Valenzuela Blejer 2004.
27. Auclair s/f., Henríquez 1907, Joannon 1905 y Joannon 1911.
28. Para profundizar sobre los diversos agentes que participaron en este proceso, ver: Pérez Oyarzún. *et al.*, 2021.
29. Booth, Pérez Oyarzún y Vásquez 2018.
30. Debemos destacar que el Palacio de Bellas Artes fue el primer edificio diseñado para ser museo en Chile y Sudamérica.
31. Jürgensen 2012.
32. Crane 1997.
33. Ulizar Olate 2012.
34. Parte de los cimientos y las vigas del primer piso se construyeron en hormigón armado. Aribit y Chávez 1956.
35. Estado de pago confección de vigas, 1907, Volumen 1978, Fondo Ministerio de Obras Públicas, 18: Archivo Nacional de la Administración, Santiago.
36. Los otros dos edificios franceses, casi contemporáneos, en los que se utilizó hormigón armado sistema Hennebique, fueron el Grand Palais y el Museo de las antigüedades egipcias del Cairo. Plum 2008, 95.
37. Esta decisión causó gran enojo en Paul Cottancin, quien acusó a Girault de haber optado por un sistema peligroso y costoso. *Ibid*, 95
38. Gentile 2004.
39. Grementieri y Shmidt 2010.
40. Término con el que se autodenominaban los egresados de la ECP.
41. Agote, C. (1887). [Dossier de estudiante]. Archivo de la ECP (AN 20170270/908), París; Bétard, J. (1905). [Dossier de estudiante]. Archivo de la ECP (AN 20170270/1253), París; École Centrale des Arts et Manufactures de Paris (1887-1890). [Dossier de la promoción 1887-1890]. Archivo de la ECP (AN 20170270/1184), París.
42. Lappas, B. (1950). Carlos Agote. Notice nécrologique. Bulletin de l'Association Amicale des Anciens Élèves de l'École Centrale des Arts et Manufactures 615, 159; Sociedad Central de Arquitectos (1904). Agote, Carlos. Ficha de Socio. Buenos Aires.
43. "Empresario". Nègre y Sandrine 2020.
44. Picon 1998; Vérin 1992; Grelon; Hamon 1997.
45. Raj 2016.
46. Guillet 1929; Nègre 2018.
47. Agote, C. (1890). [Proyecto final, memoria y atlas]. Archivo de la ECP (AN 20170270/1935-2333), París. École Centrale des Arts et Manufactures de Paris (1888). [Programa y reglamento para estudiantes]. Archivo de la ECP (AN 20170270/2648), París. Denfer, J. (1881-1883). [Carpeta del curso de arquitectura]. Archivo de la ECP (AN 20170270/2791), París. Muller, É. (1888). [Atlas del curso de arquitectura]. Archivo de la ECP (AN 20170270/2977), París.
48. Hennebique, Bétons armés (1913). [Dossier la Bolsa de Comercio de Buenos Aires]. Centre d'archives d'architecture contemporaine (76 Ifa 2570), París.
49. El primer edificio construido en México con el sistema Hennebique fue la ferretería y mercería El Candado en 1903, en Mérida, Yucatán. Entre otros edificios que utilizaron este método de construcción, podemos citar el de la compañía de seguros La Mexicana (Ing. Genaro Alcorta, 1906), el edificio de la Secretaría de Relaciones Exteriores (Nicolás Mariscal, 1903-1904), el Banco Agrícola y Hipotecario (Nicolás Mariscal, 1904-1905), el Hotel New Porter (Manuel Cortina, 1908), los grandes almacenes Las Fábricas Universales (Edward Ewald / Miguel Ángel de Quevedo, 1909) y el Monumento a Benito Juárez (Guillermo de Heredia, 1910), entre otros ejemplos. Leal Menegus 2014, 146-156.
50. *Ibid.*
51. Despacho de origen alemán, pero implantado en los Estados Unidos. Proyectaron el edificio Casa Boker, construido en 1898 en la Ciudad de México.
52. Que en México se consideraban pertenecientes al «estilo de Chicago».

53. Silva Contreras 2011, 188.
54. Aquí consideramos notablemente los edificios: El Palacio de Hierro (Paul Dubois y Fernand Marcon, 1921), el Instituto de Higiene o Granja sanitaria (José Villagrán, 1925), el edificio de policía y Bomberos (Vicente Mendiola y Guillermo Zárraga), el Edificio Santacilia (Carlos Obregón, 1929), Casa Cecil O Gorman (Juan O'Gorman), entre varios otros. La lista no es exhaustiva y debería ser objeto de un estudio completo y profundo.
55. No fue hasta la década de 1940 que se exploraría más ampliamente el potencial plástico y estructural del hormigón. De Anda 1990, 51.
56. Según Mónica Silva Contreras, se conocieron alrededor de 1898 en Belice, durante una misión militar y diplomática. A partir de esa fecha consideraron trabajar en conjunto con este sistema en México. Silva Contreras 2016, 45-47.
57. Estudió ingeniería naval en Francia. De regreso a su país, trabajó como funcionario en el Ministerio de Guerra y Marina, donde realizó diversas obras portuarias. Desde 1902, asociado al Contralmirante Ángel Ortiz Monasterio (1849-1922), Katzman 1973, 290.
58. Silva Contreras 2011, 197.
59. Grupo de expatriados franceses en México, algunos de los cuales estuvieron muy involucrados en el comercio y la industria. Para comprender más ampliamente la historia y la construcción de la red de la colonia francesa en México, consultar: Salazar Anaya 2019.
60. Quienes ejercieron por su cuenta en la Ciudad de México entre 1907 y 1929. Cabe mencionar que Paul Dubois trabajó como dibujante en el proyecto del Grand Palais (1897-1900) con su profesor Henri Deglane. Consultar: Porraz Castillo 2021.
61. Para dicho proyecto, propusieron para cubrir las diversas galerías y terrazas que conectaban los pabellones, unos postes delgados y vigas de hierro ligero, mientras que las cubiertas estaban previstas de hormigón armado.
62. Padecía enterocolitis y dispepsia. Registro militar de Fernand Marius Henri Marcon, Archivos Departamentales de Drôme, oficina de reclutamiento: Montélimar, número de registro 1080.
63. Archivos Municipales de Lyon. Alquiler de terrenos ocupados por la Compañía Fábrica de Material de Guerra: regalías: referencia de correspondencia: 1915-1920 923 WP 260/1; instalaciones militares: fábricas de material de guerra (Avenida Leclerc), almacenes de material, 1915-1919 signatura: 945 WP 84/1 (1); Álbum fotográfico de la Electric Lighting Company, fábricas de material de guerra de Lyon, por C. Tardy, cota: 2 PH 338I1.
64. Carta del 30 de julio de 1918. Centre d'archives d'architecture contemporaine en París, fondo Hennebique, Grand Magasin du Palais de Fer, cota: 76 IFA 2688.
65. Martínez Gutiérrez 2005, 126.
66. Centre d'archives d'architecture contemporaine en París, fondo Hennebique, Grand Magasin du Palais de Fer, cota: 76 IFA 2688.
67. La empresa *Schwarts & Meurer et Bergeotte* era en ese momento una empresa de construcción metálica francesa que, en 1919, también absorbió la fundición Haumont, convirtiéndose a partir de ese momento en los Ateliers de Construction Schwarts – Haumont. Consultar: Yamana 2003. También trabajaron en la realización de los herrajes en el interior del Centro Mercantil, hacia 1910 y en la renovación del primer edificio para El Palacio de Hierro (1909-1910).
68. Carta dirigida a François Hennebique por Miguel Rebolledo el 12 de noviembre de 1918. Centre d'archives d'architecture contemporaine en París, fondo Hennebique, Grand Magasin du Palais de Fer, cota 76 IFA 2688.
69. Fondo fotográfico de Fernand Marcon, conservado en el Musée de la Vallée en Barcelonnette (MDVL) en los Alpes de Alta Provenza, Francia.
70. Rebolledo participa en la construcción del gran almacén El Correo Francés (1926) y el gran almacén Al Puerto de Liverpool (1927-1929). Ver: revista *Cemento* 19, 1927, 42 y revista *Cemento* 24, 1928, 19.
71. Como el Edificio de la Compañía Industrial de Orizaba (CIDOSA), construido entre 1922 y 1924, el gran almacén El Correo Francés, construido en 1926 y el nuevo edificio para el gran almacén Al Puerto de Liverpool, construido entre 1927 y 1929. Este cambio tecnológico lo observamos ligado a una búsqueda de un nuevo lenguaje formal, que pretendía reivindicar una modernidad como la de los edificios administrativos y comerciales de las grandes capitales estadounidenses, notablemente Chicago y Nueva York.
72. Esto parece una evidencia para el caso del gran almacén El Palacio de Hierro, cuyos propietarios, los hermanos Tron y sus socios, aprobaron construir su nuevo edificio en hormigón armado, no obstante que el emblema de la marca era justamente la estructura de hierro.
73. Como por ejemplo la Compañía Fundidora de Fierro y Acero Monterrey, encabezada en 1910 por Roberto J. Rodríguez. Dicha compañía tuvo a su cargo la ejecución del Palacio Legislativo de México en ese año y el Edificio Ermita de Juan Segura Gutiérrez en 1931.

## Lista de referencias

Agote, C. 1887. Dossier de estudiante. Archivo de la ECP (AN 20170270/908), París.

Agote, C. 1890. Proyecto final, memoria y atlas. Archivo de la ECP (AN 20170270/1935-2333), París.

Almandoz, A. 2002. *Cities within the City: Urban and Architectural Transfers in Santiago De Chile, 1840-1940.*

Planning Latin America's Capital Cities 1850-1950. New York: Routledge.

Aribit, R. y Chávez M. El Museo y La Escuela De Bellas Artes. *Arquitecto*, Universidad de Chile, 1956.

Auclair, V. s/f., *Concreto Armado Sistema Victor Auclair.* Santiago de Chile: Zigzag.

Bétard, J. 1905. Dossier de estudiante. Archivo de la ECP (AN 20170270/1253), París.

Bertrand R. y Calafat G. 2018. La microhistoire globale: Affaire(s) à suivre. *Annales. Histoire, Sciences Sociales*, EHESS, 1: 1-18.

Booth, R., Pérez Oyarzún F. y Vásquez, C. 2008. *Lo Bueno Es Eterno. Una historia cultural de la irrupción del hormigón armado y su impacto en la arquitectura y la ingeniería en Chile*, 1891-1939. Proyecto Fondecyt. Santiago.

Crane, S. 1997. Memory, Distortion and History in the Museum. *History and Theory* 36, 4: 44-63.

De Anda, E. X. 1990. *La arquitectura de la Revolución Mexicana. Corrientes y estilos en la década de los veinte*. México: UNAM-Instituto de Investigaciones Estéticas.

De Ramón, A. 1992. *Santiago De Chile 1541-1991. Historia De Una Sociedad Urbana.* Madrid: Editorial Mapfre.

Denfer, J. 1881-1883. Carpeta del curso de arquitectura. Archivo de la ECP (AN 20170270/2791), París.

École Centrale des Arts et Manufactures de Paris. 1887-1890. Dossier de la promoción 1887-1890. Archivo de la ECP (AN 20170270/1184), París.

École Centrale des Arts et Manufactures de Paris. 1888. Programa y reglamento para estudiantes. Archivo de la ECP (AN 20170270/2648), París.

Estado De Pago Confección De Vigas. Fondo Ministerio de Obras Públicas. Archivo Nacional de la Administración, Santiago.

Faba, P. 2013. Cultura visual y memoria en el Chile del siglo XIX. Redefiniendo el coloniaje a través de su exhibición. *Revista de teoría del Arte* Julio-Diciembre 2013, 24:13-34.

Garric, Jean Philippe. 2017. The French Beaux-Arts. En Bressani M. y Contandriopoulos C. (Ed.), *The Companion to the History of Architecture III.* Chichester/Malden: John Wiley & Sons.

Grelon, A. 2000. Du bon usage du modèle étranger: la mise en place de l'Ecole centrale des arts et manufactures. *Bulletin de la Sabix* 26, 47-52.

Grementieri, F. y Shmidt, C. 2010. *Alemania y Argentina, la cultura moderna de la construcción*. Buenos Aires: Larivière.

Greve, E. 1938. *Historia De La Ingeniería En Chile.* Santiago de Chile: Publicaciones del Primer Congreso Sudamericano de Ingeniería.

Gross, P. 1995. Utopías Haussmannianas y planes de transformación 1894-1925. En *Santiago De Chile. Quince Escritos y Cien Imágenes*, editado por Pedro Bannen. Santiago: Ediciones ARQ.

Guillet, L. 1929. *Cent ans de la vie de l'École centrale des arts et manufactures, 1829-1929*. Paris: M. de Brunoff.

Hamon, F. 1997. *L'enseignement de l'architecture industrielle à l'École centrale des arts et manufactures 1832-1914* (Tesis de Historia). Université Paris IV Sorbonne, Francia.

Hardoy, J. E. 1988. Teorías y prácticas urbanísticas en Europa entre 1850 y 1930. su traslado a América Latina. En *Repensando La Ciudad de América Latina*, Hardoy, J y Morse, R. (ed.). Buenos Aires: Grupo Editor Latinoamericano.

Hary, P. 1916. Curso de teoría de la arquitectura. *Revista de Arquitectura* 5, 12.

Hennebique, Bétons armés. 1913. Dossier la Bolsa de Comercio de Buenos Aires. Centre d'archives d'architecture contemporaine (76 Ifa 2570), París.

Henríquez, H. 1907. *El terremoto de Valparaíso bajo su aspecto constructivo.* Valparaíso: s.n

Joannon, E. 1905. *El papel del arquitecto en las construcciones de cemento armado (con motivo de una catástrofe reciente.* Santiago: Impr. Litogr. i Encuadernación Barcelona.

Joannon, E. 1911. *Construcción, curso profesado por D. Eugenio Joannon.* Santiago de Chile: Universidad Católica, Autografía E. Órdenes.

Jürgensen, F. 2012. De capital poscolonial a capital republicana. Transformaciones. En *La arquitectura cívica de Santiago durante el proceso de consolidación de la república*, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Katzman, I. 1973. *Arquitectura del siglo XIX en México, México, Centro de Investigaciones Arquitectónicas*. México: UNAM.

Lambert, Guy y Nègre, Valérie. 2012. L'histoire des techniques. *Les Cahiers de la recherche architecturale et urbaine* 26-27, 76-85.

Lappas, B. 1950. Carlos Agote. Notice nécrologique. *Bulletin de l'Association Amicale des Anciens* Élèves *de l'École Centrale des Arts et Manufactures* 615, 159.

Leal Menegus, A. 2014. Orígenes de la modernidad arquitectónica en México. Primeros ejemplos de una arquitectura moderna de concreto armado. El quiosco del Bosque de Chapultepec, 1921. *Boletín de Monumentos Históricos (INAH)* 31, 146-56.

Martínez Gutiérrez, Patricia. 2005. *El Palacio de Hierro. Arranque de la modernidad arquitectónica en la ciudad de México*. México: Facultad de Arquitectura, Instituto de Investigaciones Estéticas, Universidad Nacional Autónoma de México.

Muller, É. 1888. Atlas del curso de arquitectura. Archivo de la ECP (AN 20170270/2977), París.

Nègre, V. 2018. La arquitectura y la construcción en los cursos de la École Centrale des Arts et Manufactures y

del Conservatoire National des Arts et Métiers en París durante el siglo XIX. Traducción Andrés Ávila Gómez y Diana Carolina Ruiz. *A&P Continuidad* 9, 10-21. [versión en francés, INHA, 2011]

Nègre, V. y Sandrine, V. 2020. L'Entrepreneur de bâtiment: nouvelles perspectives (Moyen Âge-XXe siècle). *Aedificare. Revue internationale d'histoire de la construction* 5, 23-39.

Novick, Alicia. 2009. La ciudad, el urbanismo y los intercambios internacionales: notas para la discusión. *Revista Iberoamericana de Urbanismo* 1, 4-13.

Pérez Oyarzún, F., Booth, R., Vásquez. C., y Muñoz Lozano Y. 2021. Cimentando El Centenario: El hormigón en tres edificios de Santiago de Chile a comienzos del siglo XX. *Atenea* I Sem. 523, 39-61.

Pérez Oyarzún, F., Rosas Vera, J. y Valenzuela Blejer, L. 2004. Las Aguas Del Centenario: Infraestructura y desarrollo urbano en Santiago de Chile a comienzos del siglo XX. En *11th Conference of the International Planning History Society*, Barcelona.

Pérez Oyarzún, F. 2002. Presencia Francesa en el Patrimonio Urbano y Arquitectónico Chileno: de la Independencia al Centenario. En *Seminario el Patrimonio Arquitectónico y Urbano de Santiago. Chile y Francia 1850 y 2002*, 14-21. Universidad Diego Portales.

Picon, A. 1998. *L'invention de l'ingénieur moderne: l'École des Ponts et Chaussées, 1747-1851*. Paris: Presses de l'ENPC.

Plum, G. 2008. *Le Grand Palais.* Paris: Centre des Monuments Nationaux.

Porraz Castillo, A. 2021. Héritages hybrides : l'agence Dubois-Marcon à l'épreuve de la modernité mexicaine (Mexico, 1921-1950), tesis en arquitectura bajo la dirección de Viati Navone, A. y Bouffartigue, S. Versailles: Paris-Saclay.

Raj, K. 2016. Go-Betweens, Travelers, and Cultural Translators. En B. Lightman. (Ed.), *A Companion to the History of Science.* Chichester/Malden: John Wiley & sons.

Rama, Ángel. 2004. *La Ciudad Letrada.* Santiago: Tajamar editores.

Salazar Anaya, D. 2019. *La colonia francesa de la Ciudad de México, 1880-1945*, tesis en historia bajo la dirección de Carlos Roberto Martínez Assad. UNAM.

Silva Contreras, M. 2011. Arquitectura y materiales modernos: funciones y técnicas internacionales en la ciudad de México, 1900-1910. *Boletín de Monumentos Históricos (INAH)* 22, 181-207.

Simonnet, Cyrille. 2005. *Le béton. Histoire d'un matériau*. Marsella: Parenthèses.

Simonnet, Cyrille. 2016. *Concreto armado: modernidad y arquitectura en México: el sistema Hennebique 1901-1914*. Primera edición. Ciudad de México: Universidad Iberoamericana.

Sociedad Central de Arquitectos (1904). *Agote, Carlos. Ficha de Socio*. Buenos Aires.

Torrent, H. 2014. El edificio de la Biblioteca Nacional en la modernización de Santiago de Chile. En *Biblioteca, Ciudad y Sociedad. Plan maestro Biblioteca Nacional de Chile*, Pérez Oyarzún, F. (ed.). Santiago: Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos.

Urizar Olate, G. 2012. Estado y museos nacionales en Chile durante el siglo XIX representación de una nación en construcción. *Boletín Americanista* 65, 211-29.

Vérin, H. 1992. L'identité de "l'ingénieur": quelques repères historiques. *Recherche & Formation* 29, 11-20.

Ward, S. 2018. Innovación e intercambio de conocimiento en la historia de la planificación: Una mirada desde Europa. *EURE. Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales* 44, 133: 289-98.

Ward, S. 2002. *Planning the Twentieth-Century City.* Chichester: John Wiley & Sons,

Yamana, Y. 2003. Les ateliers de construction Schwartz-Hautmont : l'évolution d'un entrepreneur-industriel, 1919-1977, tesis en arte y arqueología bajo la dirección de Frédéric Seitz. Paris: Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.

# Hacienda Santa Ana de Engombe. Un enclave azucarero del siglo XVI en la isla de Santo Domingo

Esteban Prieto Vicioso

Uno de las más antiguas y grandes haciendas azucareras en la isla de Santo Domingo fue la Hacienda Santa Ana de Engombe, construida en la primera mitad del siglo XVI. Entre sus edificaciones principales están: el palacete, trapiche, casa de calderas, casa de pulgas y almacén. Sus fábricas presentan diferentes materiales y técnicas constructivas, predominando los muros de sillares de piedra caliza, mampostería de piedra y tapia. Como cubiertas se utilizó vigas y alfarjías de maderas con ladrillos (techo romano), yaguas y tejamanil, estos últimos materiales de herencia indígena, adoptados por los españoles. Esta hacienda estuvo produciendo azúcar hasta finales del siglo XVIII, cuando nuevas técnicas y maquinarias fueron desplazando los antiguos ingenios, hasta llegar a los modernos centrales azucareros, que proliferaron a principio del siglo XX. El propósito de esta investigación es analizar los materiales y métodos constructivo de las diferentes dependencias que tenía la hacienda, incluyendo las edificaciones secundarias que fueron construidas con materiales orgánicos propios de la arquitectura vernácula de la isla. Adema, se caracterizó la piedra empleada en los muros mediante Fluorescencia de Rayos X, Porosimetría por Inmersión de Mercurio y Microscopia Petrográfica. En 1963 sus estructuras fueron consolidada, manteniéndolas en ruinas, siendo una de las primeras restauraciones realizadas en la República Dominicana convirtiéndose en referencia para futuras intervenciones en el patrimonio construido del país. En la actualidad se puede observar una serie de soluciones de diseño y elementos decorativos propios del Renacimiento, no muy comunes en la arquitectura de Santo Domingo de esa época, como se presentan en el palacete y en la iglesia. Este conjunto es uno de los mejores ejemplos de arquitectura industrial del siglo XVI en la isla de Santo Domingo.

## Introducción

Es el mismo almirante Cristóbal Colón quien introduce en 1493, en su Segundo Viaje, los primeros esquejes de caña procedentes de las islas Canarias y se comienza a experimentar en la Isabela, primera villa española en el Nuevo Mundo. Estas cañas tuvieron un buen crecimiento, pero a pesar del buen clima y buenas tierras la falta de una condición política impidió su producción y expansión (Martir de Anglería 1989). A partir de 1501, diversos colonos comenzaron a reintroducir cogollos de caña de mejor calidad provenientes de Madeira y de las Canarias, comenzando a desarrollarse un modelo económico basado en la explotación agrícola azucarera, ya existente en la península ibérica (Rodríguez 2012, 251).

La producción de azúcar en el Nuevo Mundo comenzó en 1504 en la isla Española, en las cercanías de la villa de la Concepción de La Vega, una de las ciudades más pobladas del momento, ya que allí se concentraba la mayor explotación minera de la isla

(Prieto 2020, 2339). Este ingenio utilizaba la energía hidráulica, pero no tuvo éxito, ya que la caña no se dio bien, como consecuencia de la falta de técnicos e instrumentos necesarios y al poco tiempo fue abandonado. Después comienzan a llegar los primeros técnicos especializados en azúcar provenientes de las Canarias, llevados por Gonzalo de Vellosa, quien había vivido en la isla de La Palma (Peguero 1975). En 1516 Vellosa instaló un trapiche en la villa de Compostela de Azua, al sur de la isla, el cual era movido por animales, convirtiéndose en el primer ingenio de este tipo en la isla (Rodríguez 2013).

A Cristóbal de Tapia se le otorgó en 1518 una licencia para que llevara «diez maestros y oficiales de hazer azúcar, libre de todo tipo de impuesto. En ese mismo año se emitió una real cédula que otorgaba préstamos pagaderos a dos años, a los vecinos de la isla que quisieran instalar ingenios, fondos que provenían de la Real Hacienda» (Rodríguez 2000). Esta es la primera vez que se destinaban fondos de la corona para la construcción de ingenios. Más de 30 colonos se favorecieron con estos préstamos. Además, en 1519, se solicitó al Papa que los azúcares no pagaran el diezmo como todos los demás productos También se les daba tierra, se concedían permisos o derecho de aguas, así como libertad para la compra de equipos necesarios para el funcionamiento y manejo de los ingenios.

En 1525 se emitió en la península una real cédula que exoneraba de impuesto a todos los azúcares proveniente de la isla Española que entraran por el puerto de Sevilla. Como consecuencia de esta medida bajaron los costos de producción, aumentado los beneficios del producto. Con este favorable panorama proliferan los ingenios en la Española y rápidamente se ponen en funcionamiento, pues para 1520 ya funcionaban a toda capacidad 3 ingenios de azúcar y otros tantos estaban en construcción. Pero, por otro lado, endeudó al gobierno y creó una crisis económica en la isla, que Carlos V trató de subsanar implementando una nueva política económica, que incluía el asociarse con genoveses, flamencos, alemanes y venecianos, entre otros. En 1520, comienzan los genoveses a construir ingenios, entre ellos estaban los Centurión, Vivaldo, Justinián, Grimaldi, Castellón, Fornes y Basinana. En 1527, trabajaban plenamente 18 ingenios y 2 trapiches, otros 12 en construcción. Hacia 1545, se mencionan 20 ingenios y 4 trapiches (Rodríguez Morel 2000). Se calcula que para 1580 se había construido un total de 59 ingenios y 11 trapiches en toda la isla.

Al tener que importar de Europa las herramientas y maquinarias, el proceso para producir azúcar era agotador y un poco complicado. Con el tiempo y la llegada de especialistas en azúcar de las Canarias, se comenzó a hacer en la isla los rolos o mazos de madera, las hormas de barro y se permitió la fundición en la isla de equipos y utensilios de cobre necesarios para la industria azucarera y que hasta ese momento se importaban de Castilla y pagaban impuestos. Mientras se construía el ingenio y los equipos, se preparaban las tierras y se sembraba la caña.

Luego que la caña alcanzaba el tamaño deseado, se cortaba y exprimía en molinos movidos por animales o agua. El jugo o guarapo se cocía a altas temperatura en vasijas de cobre y se convertía en un zumo espeso que luego se colocaba en moldes o formas de barro, para obtener el pan de azúcar o panela que se almacenaba en la casa de purga para posteriormente ser enviada a la península. El sistema de molienda necesitaba de un continuo mantenimiento y de esto se encargaban los especialistas canarios. También se necesitaba de la mano de obra esclava e indígena. Con el tiempo criollos y algunos esclavos africanos aprendieron el oficio y se encargaban de todo el proceso, dejando de contar con la presencia de canarios. Sin duda alguna, el ingenio se convirtió en un espacio para el intercambio de saberes y tecnología (Del Rio Moreno 2012).

La economía del azúcar en la Española nació con el colapso de la minería de oro lo cual era en los primeros años de la conquista el principal recurso con que contaban los españoles. Eso sucede al mismo tiempo que la población indígena va desapareciendo y comienza la importación de esclavos negros africanos (Rodríguez 2004, 85). Además, en los primeros años de la colonización algunos se dedicaron a la importación y crianza de caballos, que luego vendían muy bien para la conquista de tierra firme, invirtiendo los beneficios en la industria de la caña de azúcar. La construcción de un ingenio era muy cara, por lo que solo personas y familias con grandes recursos económicos podían invertir en ellos. Eso fue creando una diferencia de clase económica entre la población blanca. Esa clase de menores recursos se dedicaban entonces a una agricultura menor, a trabajos artesanales, así como a la construcción. (Rodríguez 2004, 86)

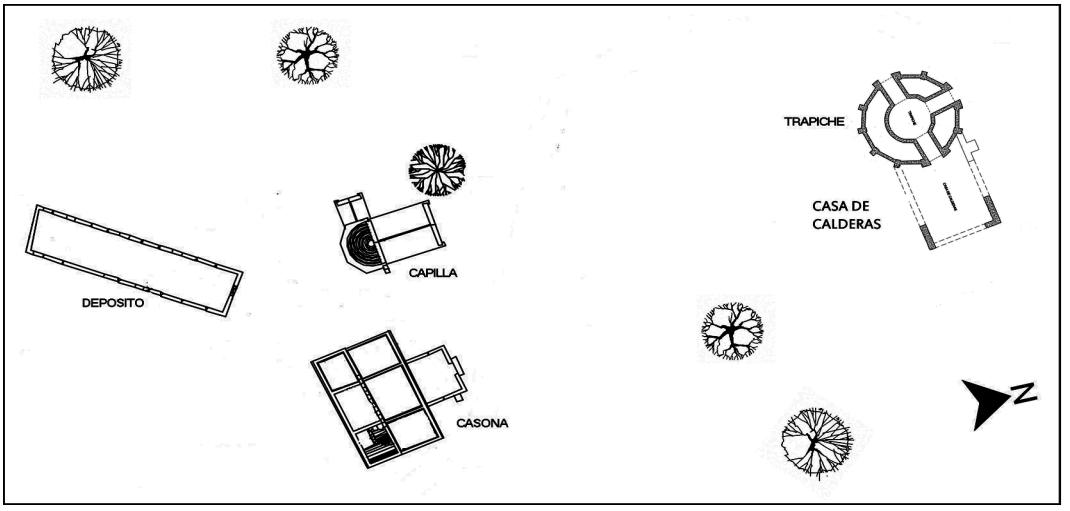



Figura 1
Planta actual de conjunto del Ingenio de Engombe (Flores)

## Ingenio Santa Ana en Engombe

Según Gonzalo Fernández de Oviedo ([1535] 1852, 120) el ingenio Santa Ana fue de los primeros en construirse, posiblemente a principio de la década de 1520. Estaba a orillas del rio Haina a tres leguas de la ciudad de Santo Domingo (figura 1). Sus dueños originales fueron, Pero Vazques de Mella y el genovés Estevan Justinian, quienes ya para 1535, momento en que Oviedo escribe su libro, habían muerto y el ingenio pasó a manos de sus herederos que pararon la producción, cerraron el ingenio y dividieron las tierras, los pertrechos del ingenio, los negros, vacas y todo aquello que se podía aprovechar. Luego Juan Baptista Justinian reparó la casona, posiblemente en 1535, fecha que apareció toscamente inscrita al lado de la entrada de la gran sala (Palm 2002, II: 109), y construyó un trapiche de caballos y comenzó a moler caña aumentando cada día la producción de azúcar. Originalmente, el ingenio tenía un sistema hidráulico que presentó problemas desde el principio. Una de las ventajas de los trapiches de sangre es que podían seguir moliendo caña en periodos de sequias, cuando bajaba el caudal del agua de los ríos.

Aunque Fernández de Oviedo y fray Bartolomé de Las Casas indican que las haciendas que usan la energía hidráulica para mover los rolos del molino se llaman ingenios, y los movidos por animales lo denominan trapiches. Sin embargo, se utiliza el término generalizado de ingenio para ambos sistemas, aun en antiguos documentos.

La Hacienda Santa Ana es una de las mejores conservadas en Santo Domingo. En la misma se puede observar las ruinas bastantes completas del palacete, ermita, depósito de azúcar, trapiche y algunos vestigios de la casa de calderas o de pailas. Se destaca en el conjunto el palacete, de planta rectangular (figura 2), construido con sillares de piedra caliza, de dos plantas con sendas galerías de dos arcos con columnas también en piedra. Este palacete ilustra el estilo señorial de vida de los grandes azucareros en el segundo cuarto del siglo XVI (Palm 2002, 101). El entrepiso de la casa era de madera, y según se evidencia en los techos y la poca pendiente que reflejan los muros, tenía vigas de madera con alfarjías y ladrillos.

La doble arquería encuadrada por alfices rehundidos guarda cierta similitud con el palacio virreinal de Diego Colón, en la ciudad de Santo Domingo, pero Palm considera que la de Engombe es mejor labrada

Figura 2
Fachada sur del palacete y vista posterior de la capilla (Flores)

e indudablemente más cómoda (García Lluberes 1955, 39). Continúa diciendo que: «Las proporciones de los cuartos han perdido el latente carácter gótico del llamado 'alcázar' y la escalera, construida sobre una magnifica bóveda de piedra tallada, se desenvuelve ya con aquella deliciosa libertad de las escaleras renacentistas que les prestará en las postrimerías del siglo su carácter fastuoso de pieza principal de la construcción» (figura 3).

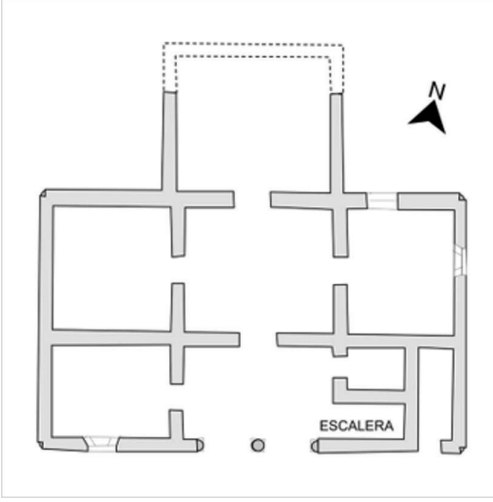



Figura 3
Planta baja del palacete (Prieto)

En las cuatro esquinas exteriores, al nivel de la planta baja se destacan unas columnas de tres cuarto de fuste, que sustituyen los clásicos esviajes que pueden apreciarse en algunas casas del centro histórico de Santo Domingo. La planta baja estaba solada con ladrillos de barro. Los accesos al salón principal, en ambas plantas, son mediante puertas con arcos de medio punto enmarcados por alfices rehundidos. Otras dos puertas con arcos están en la escalera y en la puerta norte, todas las demás puertas, así como las ventanas tienen dinteles planos de piedra y de madera hacia el interior. Algunas ventanas están provistas de poyos de piedra salvo algunos de ladrillos resultado de las reintegraciones efectuadas en 1963 (figura 4).

En cuanto al área de producción, el ingenio tiene un trapiche de sangre (movido por animales), construido hacia 1535, cuando fue eliminado el sistema hidráulico. Tiene una planta poligonal de doce lados formada por dos muros concéntricos que dejan al centro un cilindro de aproximadamente seis metros de diámetro donde estaban colocados los rolos de madera verticales, para exprimir la caña. Estos muros concéntricos estaban rellenos de tierra, para for-

Figura 4
Fachada norte del palacete (Prieto)

mar el área superior por donde circulaban los animales que hacían girar los rolos. El diámetro total es de unos 15 metros. El área central tiene tres accesos, que estaban cubiertos con madera. Por uno entraban la caña, por otro salía el jugo de la caña y por el otro sacaban el bagazo que luego de secado lo utilizaban como combustible para alimentar los fogones. La parte superior estaba techada con una estructura de madera cubierta de yaguas o cogollos de la palma real (figura 5).

En la actualidad no se aprecia el lugar donde estaba la rampa para subir los animales a la parte superior del trapiche. De ahí el jugo de la caña pasaba a la sala de calderas donde se reducía el guarapo para luego colocarlo en hormas de barro que después pasaban a la casa de purga o área de secado, donde se separaba el azúcar cristalizado y se daba forma a los panes de azúcar. De esta parte solo quedan algunos vestigios de muros de mampostería (figura 6).

De ahí los panes de azúcar eran trasladados a un gran almacén que está en las proximidades del palacete para mayor protección (figura 7). Este almacén es de planta rectangular con pequeñas ventanas en forma de aspilleras. Los panes de azúcar, empaquetados en cajas de madera o barriles, eran trasladados a través del rio Haina a la ciudad de Santo Domingo, de donde eran exportados a España.

Otra edificación que se destaca en el conjunto es la capilla, la cual está próxima al palacete. Palm (2002, II, 89) considera que esta capilla es la única construcción religiosa del XVI sin resabios góticos, salvo la cabecera hexagonal al exterior. En su interior la

Figura 5
Acceso norte del trapiche (Prieto)

Figura 6
Vestigios de la casa de calderas y al fondo el trapiche (Prieto)

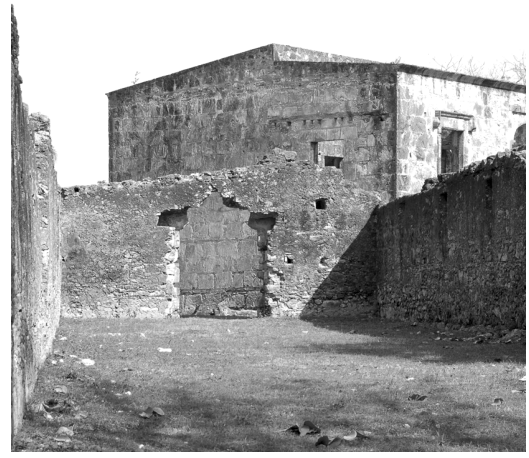


Figura 7
Almacén para guardar el azúcar (Prieto)

capilla, que mide 13.30 m por 6.20 m con ábside circular, separado de la única nave por un arco de triunfo de medio punto, apoyado en dos estípites o pilastras tronco-piramidales invertidas (figura 8). Hacia el suroeste de la capilla mayor se encuentra la pequeña sacristía que recibe el empuje de la cúpula y del lado opuesto una espadaña de una campana sobre el contrafuerte que recibe el empuje de ese lado. La capilla mayor está cubierta por una media cúpula vaída, de piedra, mientras que la nave está cubierta por una estructura de madera a dos aguas con tejas de barro, reconstruida durante los trabajos de restauración. Es probable que originalmente estuviera cubierta por un material deleznable como yaguas o tejamanil.

Un detalle de singular importancia y que pasa desapercibido es la presencia de una marca de cantería en el intradós de una ventana del lado este de la

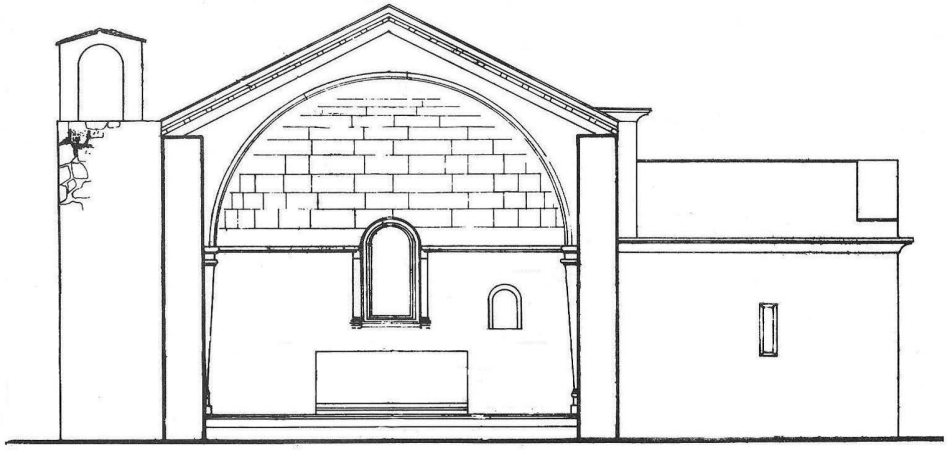


Figura 8
Sección transversal de la capilla (Báez y Pérez 1986)

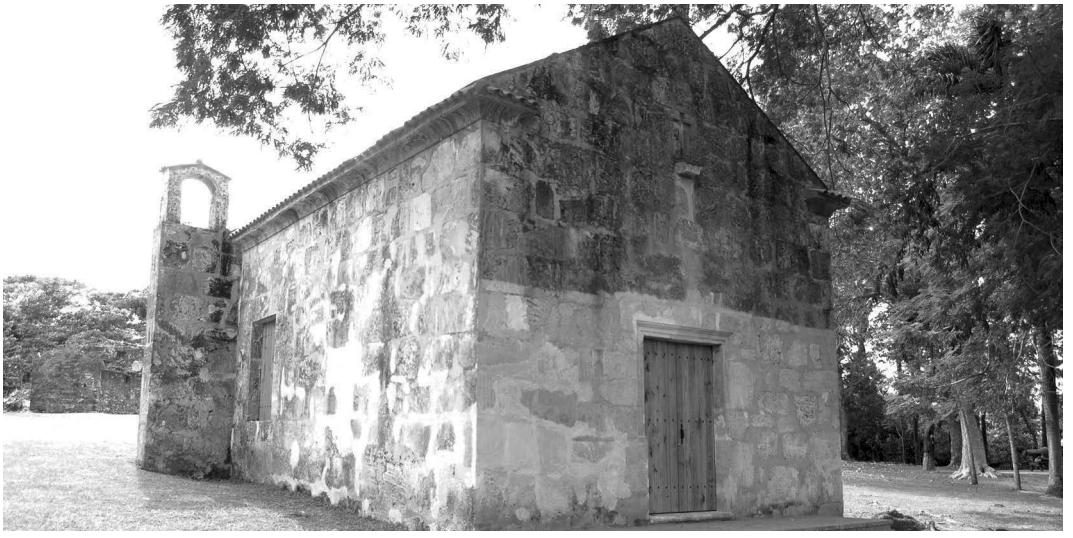


Figura 9
Portal de la capilla de Santa Ana (Prieto)

nave, lo que ayuda a confirmar que la iglesia fue construida en la primera mitad del siglo XVI. En la fachada se puede apreciar la puerta con dintel plano de grandes dovelas de piedra enmarcada con una triple moldura que no llega al piso (figura 9). En la parte exterior del muro del ábside puede apreciarse sobre uno de los sillares unas líneas radiales y un pequeño agujero, lo que hace pensar en la presencia de un reloj de sol (figura 10). A orillas del rio, entre el palacete y el trapiche, se encuentran restos de muros de mampostería de edificaciones de uso no identificado.

En 2017, se caracterizó la piedra empleada en los muros del palacete de Engombe mediante Fluorescencia de Rayos X, Porosimetría por Inmersión de Mercurio y Microscopia Petrográfica. En la interpretación de la analítica llevada a cabo por José María García de Miguel (2017) se puede ver en muestra de mano, que la piedra aparece como una roca homogénea de color crema y al microscopio, mineralógicamente la muestra está formada por calcita con escasos granos de cuarzo angulosos y de pequeño tamaño. Texturalmente aparece formada por fósiles y pellets en un barro micrítico.

Mediante el análisis con Fluorescencia de Rayos X se pudo observar que la muestra en un 81 % está formada por carbonato cálcico. El carbonato magnésico solo alcanza el 1,09% seguramente procedente de la presencia de ferromagnesianos o productos de descomposición de estos que justificarían el 3,56% de óxido de hierro. Los niveles de cloro y anhídrido sul-

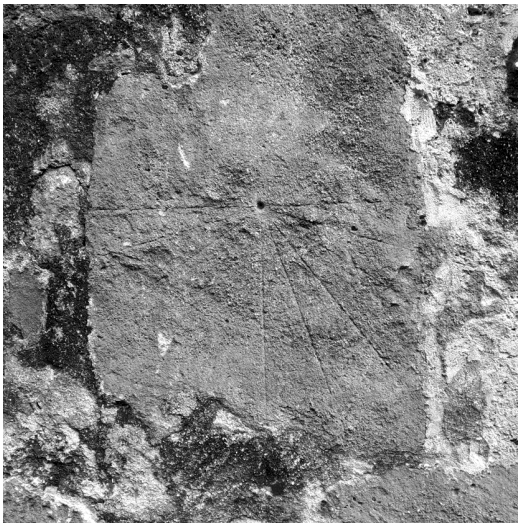


Figura 10
Reloj de sol en el ábside de la capilla (Prieto)

fúrico son muy bajos evidenciando la casi ausencia de sales. La porosidad es normal en una caliza porosa. La mayor parte de la porosidad se encuentra sobre las 20 micras y corresponde a la abundante porosidad intergranular.

Los resultados de estos análisis nos dicen que la piedra empleada en la construcción del palacete y otras dependencias del ingenio de Engombe es muy buena, no presenta problemas para su conservación y ha llegado hasta hoy en buenas condiciones.

## El ingenio Santa Ana en el siglo XVIII

Al parecer el ingenio estaba en buenas condiciones en el siglo XVIII, pues en un acto de venta, fechado 14 de septiembre de 1762 (García Lluberes 1955, 39) en que los esposos Francisco Pepín González, oficial de la Real Hacienda, y María Petronila de Coca y Landeche, venden a Lorenzo Angulo, oficial de milicias disciplinadas, y a su esposa Josefa de Coca y Landeche, hay una descripción del tamaño del ingenio y de todas sus dependencias. Este documento consigna que el ingenio Santa Ana tenía nueve caballerías de tierra lo que correspondería a unos 13,700 $m^2$ (siendo una caballería un terreno de 100 por 200 pies); una iglesia de cal y canto con todos los ornamentos necesarios para el culto, así como una casa de vivienda, trapiche o casa de ingenio, casa de calderas, casa de purga, todas de cal y canto cobijadas de yaguas y tablitas (García Lluberes 1955, 39).

En un inventario extrajudicial que se realizó en 1795 también consta que la hacienda tenía 21 canoas, 35 bestias (mulares y caballares), 48 esclavos de ambos sexos, y todos los demás aperos, herramientas, otros adherentes precisos de su cultivo y servicio de ingenio. Resulta de gran interés el inventario del mobiliario de la mansión ya que ayuda a comprender la forma de vida en esa época. Ahí se puede observar que el mobiliario básico de la casa consistía en: cuatro catres, dos de armadura; tres sillas de brazos; doce sillas de paja; tres tures; una mesa grande de armadura; cuatro mesas; una mesita pequeña; y una cocina con sus anafes y horno y tres divisiones y sus contracimientos (García Lluberes 1955, 102).

También dice que había un bohío de mayordomo; un gallinero; un horno de quemar hormas de barro; un horno de cal; casa de herrería de cal y canto; una casa de cal y canto que servía de aguardentería con dos alambiques, uno grande con su cabezote y culebra; tres corrales para ovejas, vacas y mulas.

De gran interés resulta la lista de equipos que tenía la casa de ingenio, pues esto ayuda a comprender su funcionamiento. Este lugar contaba con el juego de ingenio o rolos para exprimir las cañas, con su canoa de caldo con su canal, que conducía el jugo de la caña hacia la casa de calderas, donde había un tambor de bronce; una batería de tres fondos o pailas siendo la de templar de bronce; las espumaderas y bombas de servicio que son seis piezas; y un fondo de templar pequeño. También había dos canoas grandes de echar melaos, tres bagatelas para el bagazo y veintiséis barriles para cargar mieles, así como cuatrocientos potes, ochocientas sesenta hormas de barro y cuatro parigüelas para cargar las mismas. En el inventario también aparecen detallados apeos de labranza, herramientas, carretas, torno de hacer hormas, balanzas y muchos utensilios más que junto a todo lo demás, refleja la grandeza e importancia de la Hacienda Santa Ana, de Engombe.

En el documento también puede apreciarse que la tierra para la siembra de la caña estaba organizada mediante barbechos los cuales eran identificados por nombres de santos o santas. Tenía 15 barbechos que sumaban 419 tareas, lo que permite apreciar el tamaño de la hacienda en el siglo XVIII. Una tarea, que también se llamó Cuerda; tenía una superficie de 10 varas conuqueras o 30 varas castellanas de lado, que equivale a 628.86 metros cuadrado.

## La restauración del ingenio en 1963

Tanto el palacete como la capilla de la Hacienda Santa Ana en Engombe sufrieron serios daños durante el ciclón de San Zenón en 1930 y posteriormente durante el terremoto de 1946, el cual provocó el derrumbe de partes de muros y de los arcos de las galerías (Ugarte 1977, 194). Luego del ajusticiamiento del dictador Rafael Leónidas Trujillo en 1961, la hacienda, que estaba en manos de un familiar del dictador, pasó a manos de la Universidad de Santo Domingo quienes en 1963 emprendieron la restauración de las ruinas bajo la dirección del ingeniero José Ramón Báez López-Penha, pionero de la restauración de monumentos en la República Dominicana (Báez y Pérez 1986).

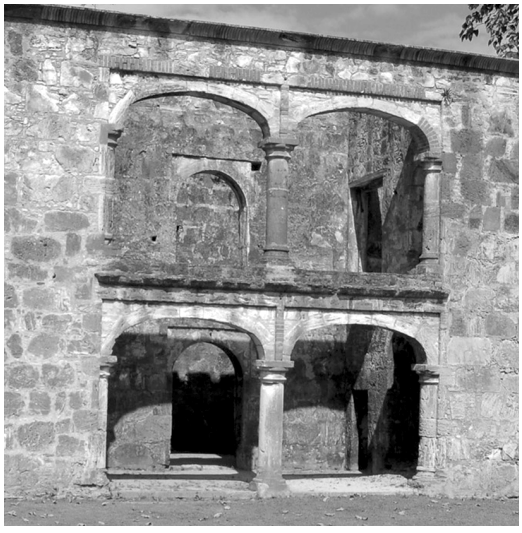


Figura 11
Arcadas en la fachada sur del palacete (Prieto)

Apoyándose en fotografías de antes del terremoto, Báez López-Penha reintegró parte de las ruinas, incluyendo los arcos de la galería, por medio de anastilosis y las lagunas que quedaron fueron completadas con ladrillos para que se notara las partes agregadas, no originales (figura 11). La capilla fue techada con una estructura de madera cubierta con tejas de barro y se colocaron puertas y ventanas de madera para reestablecerle su función de capilla y se pudiera dar servicios religiosos a la comunidad. En la actualidad las ruinas forman parte de un parque histórico natural donde se han agregado área de picnic, senderos a orillas del rio y una ciclovía dentro del área arbolada. Todo esto le ha dado mucha vida al lugar, ante todo los fines de semana.

## Conclusiones

El ingenio Santa Ana de Engombe debido a que estuvo por más de tres siglos en producción y siendo uno de los primeros en ser construidos en la española, su estudio es de gran relevancia para el conocimiento de la historia de las plantaciones y comercio azucarero en la isla. Algunos de sus elementos arquitectónicos del siglo XVI como el palacete, capilla, trapiche y almacén, han llegado hasta nosotros, lo que permite estudiar los estilos arquitectónicos, así como los materiales y métodos constructivos empleados.

Es de gran relevancia el acta de venta de 1762 y el inventario de 1795 ya que en estos documentos se describe con gran detalle el ingenio Santa Ana en Engombe, la tierra de que disponía, así como los esclavos con que contaba. Se describen cada uno de los edificios, con sus materiales de construcción, así como todo el mobiliario y equipo, incluyendo el precio. En el inventario hay todo un listado del equipo utilizado en la sala de calderas, la cantidad de hormas de barro que había, animales para la molienda, carretas y todo lo necesario para manejar una hacienda de tal importancia. El análisis de esos documentos da para otra investigación.

Los trabajos realizados en 1963 muestran unos criterios de restauración avanzados para la época en la República Dominicana, pues en ese momento las únicas restauraciones importantes realizadas eran el palacio virreinal de Diego Colón y la iglesia de la Compañía de Jesús, ambas realizadas por el arquitecto español Javier Barroso. En la restauración fue utilizado el método de la anastilosis y las lagunas fueron reintegradas con ladrillos industriales, para hacer notar que se trataba de un material agregado, siguiendo las recomendaciones internacionales del momento.

En el conjunto histórico de la Hacienda de Santa Ana es necesario realizar unas investigaciones arqueológicas en toda el área para localizar todas las dependencias con que ha contado a través del tiempo y obtener más información sobre la forma de vida a través de más de tres siglos de producción.

## Lista de referencias

Báez, J.R. y Pérez, E. 1986. *Restauración de antiguos monumentos dominicanos. Planos e imágenes.* Santo Domingo: Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña.

Del Rio Moreno, J. 2012. *Ganadería, Plantaciones y comercio azucarero antillano. Siglos XVI y XVII.* Santo Domingo: Academia Dominicana de la Historia.

Fernández de Oviedo, G. [1535] 1852. *Historia General y Natural de las Indias, islas y tierra firme del mar océano,* Libro IV, Capítulo VIII. Editado por José Amador de los Ríos, España.

García de Miguel, J.M. 2017. *Resultados e interpretación de la analítica llevada a cabo sobre muestras de distintos lugares patrimoniales en República Dominicana*. Santo Domingo. (Inédito)

García Lluberes, L. 1955. Miscelánea Histórica. El Ingenio Santa Ana de Engonve. En *Clío* 102, Santo Domingo: Academia Dominicana de Historia.

Mártir de Angleria, P. 1989. *Las Décadas del Nuevo Mundo,* Madrid.

Palm, E.W. [1955] 2002. *Los monumentos arquitectónicos de la Española*. Santo Domingo: Sociedad Dominicana de Bibliófilos.

Peguero, L. J. [1762] 1975. *Historia de la conquista de la isla Española de Santo Domingo*. Trasumptada el año de 1762. Tomo 1. Ed. Pedro J. Santiago. Publicaciones Museo de Casas Reales. Santo Domingo.

Prieto Vicioso, E. y Flores Sasso, V. 2020. Hydraulic engineering of the XVI Century in the Hispaniola Island. The San Cristóbal sugar mill of Diego Caballero / Ingeniería hidráulica del siglo XVI en la isla Española. EL ingenio San Cristóbal de Diego Caballero. En *Actas del Congreso REHABEND 2020 Construction Pathology, Rehabilitation Technology and Heritage Management* March 24-27, 2020. Granada, España.

Rodríguez Morel, G. 2000. La economía azucarera de la Española en el siglo XVI. En *Historia e Tecnología do azúcar.* Centro de Estudios Historia do Atlántico, Regiao Autonoma de Madeira.

Rodríguez Morel, G. 2004. The sugar Economy of Española in the Sixteen Century. En Schwartz, S (ed.). *Tropical Babylon. Sugar and the making of the Atlantic World, 1450-1680.* The University of North Carolina Press, United States of America.

Rodríguez Morel, G. 2012. *Orígenes de la economía de plantación de La Española.*

Rodríguez Morel, G. 2013. Sector azucarero. En *Historia general del pueblo dominicano*, Tomo I. Santo Domingo: Academia Dominicana de la Historia.

Ugarte, M. 1995. *Iglesias, capillas y ermitas coloniales*. Santo Domingo: Colección Banreservas, Serie Historia, vol. 1.

# Técnica y forma del sistema de bóvedas de ladrillo por hojas en las fuentes escritas españolas

Enrique Rabasa Díaz
Ana López Mozo
Miguel Á. Alonso Rodríguez

Estas bóvedas se construyen con ladrillo dispuesto en hojas que se apoyan unas en otras sucesivamente, de tal manera que cada ladrillo se sostiene, sin apoyo en cimbras, gracias a la adherencia del mortero y en ocasiones también a una ligera inclinación.[1]

Varios textos históricos aquí mencionados han sido estudiados o citados desde algunos puntos de vista sobre su contenido.[2] Se quiere ahora presentar las relaciones entre estas fuentes, la evolución de esta historia de textos, comparando sus contenidos.

En las ciencias puras solo interesa el conocimiento inmediatamente anterior proporcionado por otros autores. En la historia de la construcción, las noticias históricas no solo sirven para entender procedimientos, sino para evaluar su desarrollo en el tiempo, e incluso para comprobar la mejor o peor correspondencia de las afirmaciones históricas con la realidad conocida. En ocasiones, la distorsión o las afirmaciones equívocas de los autores históricos muestran los intereses, opiniones, prejuicios o el grado social de conocimiento sobre los usos constructivos, o bien cómo sus explicaciones responden a concepciones generales muy distintas de las nuestras.

Esta técnica ha sido mencionada en el siglo XIX en textos generales sobre construcción del norte de Europa, con frecuencia mostrando bóvedas en las que las hojas parten de los rincones, formando cuatro sectores que se dirigen hacia el centro y se encuentran entre sí en los ejes de la planta. El comienzo por los rincones de la planta, cuando se parte de formas a modo de trompas, es habitual en las que se ejecutan hoy día en México y también en algunas tradiciones del norte de África.[3]

Los autores que han tratado en España sobre las bóvedas por hojas lo han hecho con referencia casi exclusiva a lo que llaman bóveda extremeña. Las búsquedas que hasta el momento se han hecho parecen indicar que este calificativo es una limitación a revisar; se ha dicho que son también propias del Bajo Alentejo, pero la realidad es que se pueden encontrar en casi todo el territorio portugués, las hay en Lisboa y se encuentran al menos hasta Braga, y en el sur de Castilla y León, especialmente en Salamanca. Las bóvedas por hojas que se extienden por Andalucía y La Mancha, hasta Murcia, son generalmente de otro tipo, aunque sería equivocado desligarlas.

Francisco José Boguerín, ingeniero gallego que escribe un artículo sobre las bóvedas extremeñas firmado desde Badajoz, y Pedro Celestino Espinosa, ingeniero de Caminos nacido en Madrid que redacta un manual en el que remite a lo dicho por Boguerín, aportan poco más que la noticia de la existencia de estas bóvedas en Extremadura y en especial en Badajoz (Boguerin 1855; Espinosa 1859). Los textos más relevantes en la segunda mitad del XIX serán los de Ger y Lóbez (1869, 1898, 1915), maestro de obras, y Albarrán (1885a, 1885b), ingeniero, que salen a la luz, y el de Paredes (1883), arquitecto, que no se publicará.

## Denominaciones

Dos expresiones que no aparecen en los textos del siglo XIX, pero tienen un significado característico en las descripciones actuales de la construcción extremeña, son «bóveda a rosca» y «pechina».

Actualmente, en Extremadura estas bóvedas son llamadas comúnmente «a rosca». En otros lugares se entiende que el arco o la bóveda a rosca son los que presentan los ladrillos radiales, es decir, con su tabla dirigida al eje de rotación; en consecuencia, la denominación extremeña actual no se corresponde con el uso general del término. Ya que la práctica totalidad de las bóvedas extremeñas (no tabicadas) son por hojas, se entiende que esto no suponga una fuente de confusiones; permite sin problemas distinguirlas de aquellas otras que poseen una forma similar, pero son tabicadas. Sin embargo, lo primero que llama la atención de los autores que examinaremos, incluso de los que son extremeños, es que no empleen esta denominación como se hace hoy en Extremadura. En el siglo XIX se empleó ocasionalmente la palabra rosca para un arco o anillo formado por piezas cualquiera que fuese la posición de los ladrillos. La bóveda a rosca era comúnmente la de disposición radial, de donde se deduce que esta manera de llamar a las bóvedas por hojas es reciente.

Espinosa (1859, 285), antes de referirse, muy superficialmente, a las bóvedas por hojas y las que se hacen en Extremadura, explica una manera de hacer bóvedas de cañón con ladrillo sin cimbras que podría ser radial o tabicado. Se trata de una curiosa disposición de los ladrillos de manera que avanzan en sentido triangular desde los rincones, formando arcos en V de ladrillos desplazados (Figura 1).[4] Emplea en la descripción la palabra rosca, pero no son bóvedas por hojas. Ger y Lóbez (1869, 254) menciona algo parecido, bóvedas «a rosca» que son de ladrillos radiales con adarajas, quizá copiado de Espinosa.

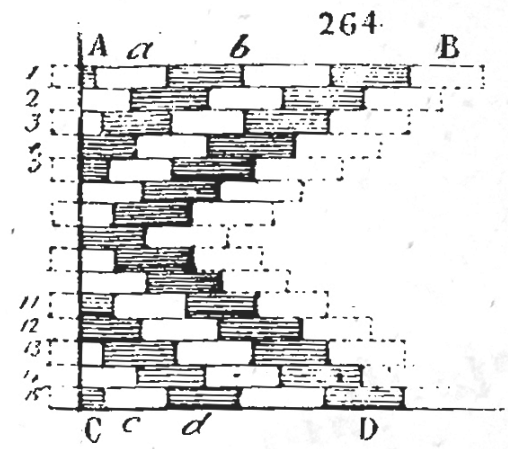



Figura 1
Aparejo de ladrillos desplazados en Espinosa (1859, fig. 264)

## Textos comunes a Ger y Albarrán

La sucesión en el tiempo presenta primeramente el *Manual* de Ger y Lóbez, maestro de obras y ayudante de obras públicas de Badajoz, aparecido en 1869. En 1885, dieciséis años después, Albarrán publica una serie de artículos sobre el tema.[5] Albarrán menciona la obra de Ger, y las notas de Boguerín y Espinosa, aunque al final de sus entregas (1885a, 91) parece afirmar que no se había escrito sobre las bóvedas extremeñas con anterioridad. No conocía el largo trabajo de Paredes (1883), si bien este era un manuscrito no publicado. En 1898 Ger publica un *Tratado* que viene a ser una segunda edición del *Manual*. Es curioso advertir que, a pesar de la gran similitud entre estas dos publicaciones de Ger, en la descripción de las bóvedas extremeñas que hace en 1898 encontramos párrafos copiados del texto de Albarrán, aunque sin citarlo.

El primero de los párrafos que Ger copia de Albarrán es una descripción de la forma y posición de cada una de las hojas (Ger 1898, 258; Albarrán 1885a, 50). Es una descripción algo tortuosa, pues explica que en una bóveda de cañón todo ocurre como si una hoja de ladrillo vertical de medio punto se inclinara, pero a continuación ha de advertir que, rigurosamente, la hoja debía, a la vez, estirarse de alguna manera para que resultara ser sección oblicua de un cañón de sección recta circular. Esta descripción prestada de Albarrán no parece imprescindible. Nos aclara que la bóveda es de sección circular, pero ya Ger nos informaba de que las cabezas son circulares y se tiende un cordel entre sus puntos más altos. La idea de Choisy (1883, 40), que propone un artilugio para tender de hiladas circulares inclinadas, no se correspondería con esto. Por otra parte, en la práctica, debido al arranque por hiladas radiales, el arco,

más o menos elíptico pero hecho a sentimiento, suele quedar bastante reducido.

El segundo añadido es una descripción del procedimiento original, algo más complicado de lo normal, que al parecer una vez siguió un comandante de Ingenieros llamado Carlos Vila, para asegurarse de que las aristas o encuentros de los sectores de una bóveda de arista se mantendrían estrictamente en los planos diagonales verticales (Ger 1898, 259, Albarrán 1885a, 88). Se trataba pues de un caso singular y accidental. Quizá la admiración de Ger hacia los ingenieros, expresada en el prólogo a su libro, le animara a precisar incluyendo las dos observaciones. Aún en 1915 presentará Ger una nueva edición.[6] Los añadidos mencionados ya no estarán en ésta, que es más sintética. Digamos de paso, que Ger critica que los arquitectos, al contrario, «son poco aficionados a dar a conocer» las obras que dirigen (Ger 1898, Prólogo).

En Ger (1898, figuras 566 y 567 de la lámina XIII) se han añadido también unos dibujos evidentemente inspirados en Choisy (1876 figs. 7 y 14; aunque más probablemente tomados de 1883, 100-104), en cuya descripción, que es muy somera, se habla de un «sistema de hiladas por zonas de lechos cónicos», sin citar al autor francés. Estos dibujos permanecerán en 1915. Parece que Ger procuró mejorar sus conocimientos con textos que consideraba científicos. Por otra parte, Ger (1869, fig. 292 en lámina 9) dibuja la bóveda de cañón con hiladas que aparecen curvas en la proyección de la sección longitudinal, curvatura que encontraríamos también en un dibujo de Choisy (1883, 31).

## La forma general de la bóveda extremeña según Ger y Albarrán

Desde el punto de vista de la forma general de la bóveda extremeña formada por cuatro sectores, es decir, no de cañón, Ger y Albarrán coinciden en que hay dos tipos característicos. Uno de ellos es relativamente claro, pues se trata de una bóveda de arista. Como derivación de las primeras hiladas a rosca en una bóveda de cañón, ambos autores muestran hojas que no se apoyan en la imposta, sino en un primer tramo de arranque en el que se disponen los ladrillos a rosca o radiales (Figuras 2 y 3). Esto es algo similar a lo que actualmente se llama pechina en Extremadura, una zona en la que la arista se apareja de forma independiente, lo que permite reducir el arco de la hoja y apoyar correctamente los primeros ladrillos. Hay, sin embargo, dos diferencias importantes con lo que se puede ver en las bóvedas que se conservan de este tipo. Una es que las hiladas de este macizo radial, como se advierte a simple vista, no suelen ser exactamente horizontales, sino que ascienden algo, y en muchos casos se curvan, para llegar a la arista; esto quizá facilite el apoyo y la retención de las hojas que se apoyan en ellas (Figura 4). La otra es que con extraordinaria frecuencia no se limita este macizo al arranque, sino que se repite dos o más veces, a menudo a todo lo largo de las aristas, probablemente para repetir las ventajas y evitar los encuentros entre las hojas de los distintos sectores. Se ha dicho que estos macizos, llamados actualmente pechinas, son similares a las piezas de piedra tallada que componen la arista de una bóveda de este tipo en sillería (aunque con la pérdida de horizontalidad mencionada). Por otra parte, estos autores presentan bóvedas de arista de sección recta horizontal, mientras que las realmente ejecutadas tienen cierto capial-

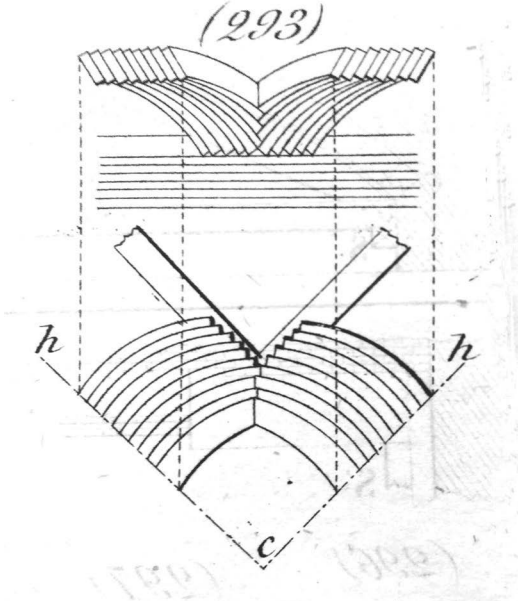



Figura 2
Arranque de una bóveda de arista por hojas en Ger y Lóbez (1869)

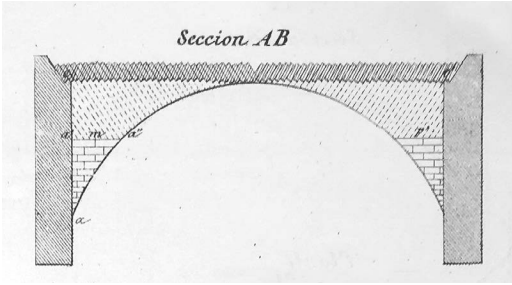



Figura 3
Sección de una bóveda de arista por hojas en Albarrán (1885)

zo, elevación de la parte central con respecto a las embocaduras.

El otro tipo extremeño en el que coinciden Ger y Albarrán es más difícil de identificar, pues sus comentarios y dibujos son muy contradictorios. Ger (1869, 256) afirma que es «semejante a una bóveda de arista a la que se redondearan los ángulos salientes" y es llamada «tapa de coche»; añade que es una superficie «curva en todos los sentidos y apeada en cuatro arcos». Albarrán (1885a, 88-89),

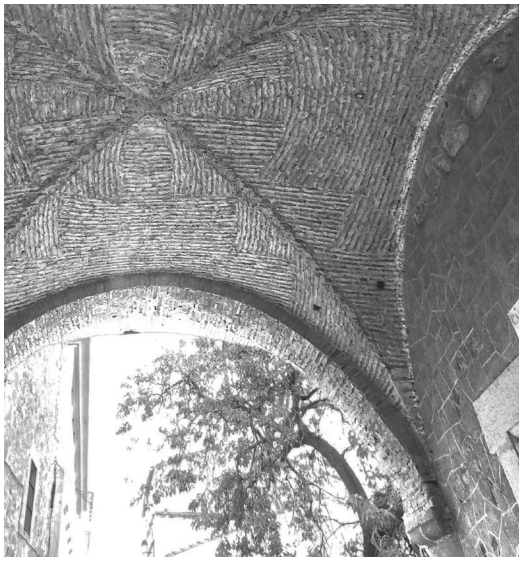


Figura 4
Aparejo de ladrillos en la arista del Arco del Socorro en Cáceres (fotografía de los autores, 2022)

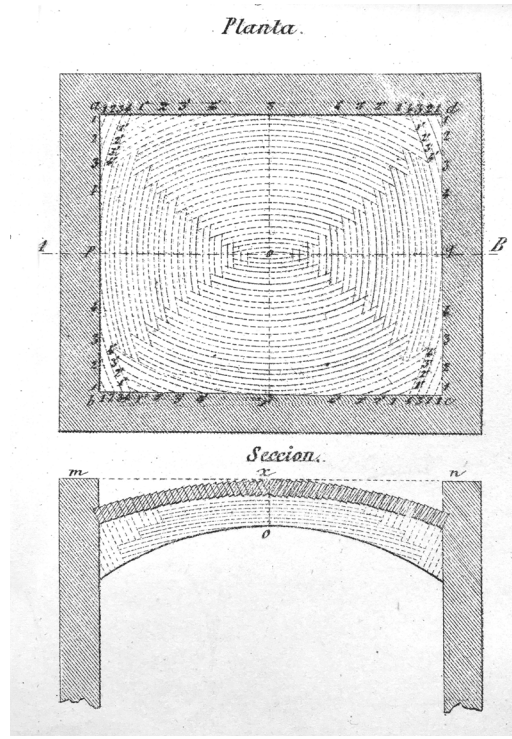



Figura 5
Bóveda en rincón de claustro según Albarrán (1885a, 87)

por su parte, dice que ese tipo -el mismo, pues menciona también la expresión «tapa de coche» (1885a, 90)- es una bóveda «en rincón de claustro». No cabe duda de que Albarrán sabe lo que es una bóveda en rincón de claustro, pues comienza explicando muy correctamente la diferencia geométrica entre las aristas convexas de una bóveda por arista y las cóncavas de una por rincón. Sin embargo, explica que las bóvedas a las que se refiere se apoyan en cuatro arcos, y dibuja una de ellas, en planta y alzado (Figura 5), de tal manera que parece una especie de bóveda vaída.[7]

El dibujo de Albarrán de la bóveda en tapa de coche presenta arcos perimetrales de curvatura más pronunciada que la de la sección media. En esas condiciones, es posible tender una superficie continua, sin aristas, o con ligeras aristas convexas. Pero es muy difícil obtener una formada por cuatro sectores

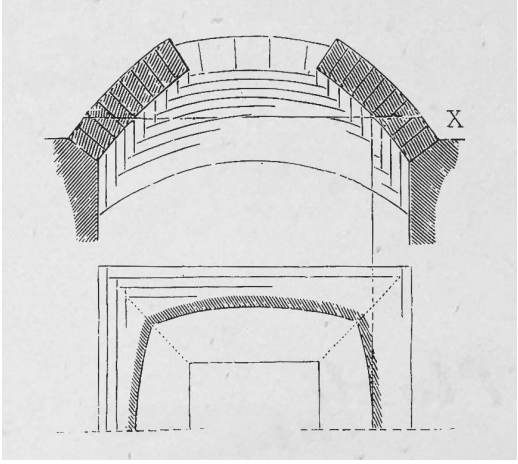



Figura 6
Bóveda equivalente a las que son en «arc de cloitre» en Choisy (1883, 105)

que se encuentren en arista cóncava. Sería posible esto, es decir, acercarse a la apariencia de una bóveda en rincón a partir de unos arcos perimetrales, si la situación fuera la inversa: sección con mayor curvatura que los arcos de arranque, y en general si se eleva convenientemente la clave central. Así ocurre, por ejemplo, en lo que Choisy (1883, 105) explica como bóveda bizantina con aristas diagonales en forma de arco apuntado (Figura 6).[8]

En las ediciones de 1898 y 1915, Ger declara ya que la bóveda en tapa de coche es una bóveda vaída. Este tipo está constituido por hiladas inclinadas como las de la bóveda de arista, y lo que más la distingue de aquella es la disposición del arranque. En lugar de aquel macizo de ladrillos radiales que iniciaba la bóveda de arista, en estas, generalmente muy rebajadas, es una curiosa alternancia de series de hojas inclinadas como explica muy bien la figura de Ger. Esto es lo que más ha interesado al investigador alemán David Wendland (2007), por su relación con las bóvedas aristadas.

Queda la cuestión de por qué Albarrán se empeña en decir que este tipo, distinto de la bóveda de arista, es una bóveda en rincón, y por qué Ger hace una primera explicación algo confusa. Puede ser que lo realmente relevante de estas bóvedas sea el modo de arranque en la enjuta, y la forma general sea variable según las proporciones de los elementos principales, llegando, en algún caso, a una forma de arista cóncava en la parte superior o, al menos, una apariencia de que así es. No es fácil encontrar ejemplos construidos que muestren a la vista un aparejo como este.[9] La expresión *tapa de coche* no ayuda, pues los carruajes de la época presentaban techos en forma de cilindro, de rincón de claustro rebajado o de vaída rebajada.

Al explicar la construcción de la tapa de coche, Albarrán describe que se tiran cuerdas uniendo las claves de los arcos perimetrales opuestos, y de esas cuerdas en forma de cruz se eleva el punto de cruce con otra tirante desde arriba, sujeta a un travesaño, para dar más o menos «peralte». Eso quiere decir que la altura de la clave central es variable, dando lugar a una inclinación de cada sector que ahora se conoce, entre otras denominaciones, como retumbo. Probablemente este tinglado no debe hacer pensar en una sección del rampante formada exactamente por dos rectas, sino que sirve solo de guía para alcanzar por los cuatro sectores el mismo punto central. La descripción del travesaño y las cinco cuerdas es muy fiable como reflejo de un uso real, pues podemos encontrar un dibujo en Paredes que es enteramente similar (Figura 7).[10]

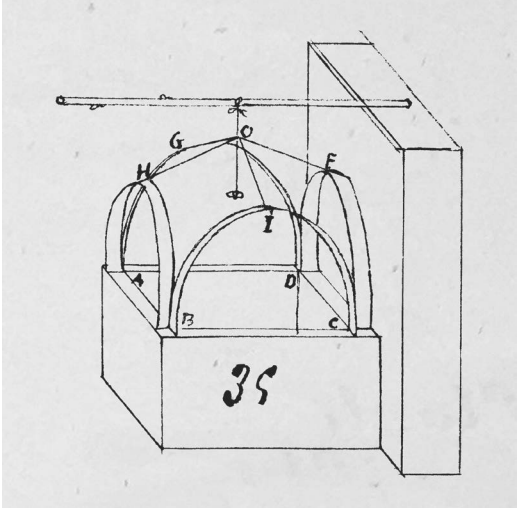



Figura 7
Travesaño superior y cuerdas para el control de la forma de las bóvedas en Paredes (1883, fig. 35)

## Paredes

Omitiremos el comentario de las ideas de Choisy (1876 y 1883), ya bien conocidas y estudiadas. Choisy no es citado por ninguno de los autores españoles, aunque cabe la posibilidad de que Paredes lo conociera, incluso de manera indirecta, como hemos mencionado en otro trabajo (Rabasa, López-Mozo y Alonso 2020).

Como decíamos, el manuscrito de Paredes no fue publicado; además no menciona ni cita a ningún autor anterior. Tiene interés notar cómo la forma de las hiladas troncocónicas que Paredes detalla difiere mucho de las explicadas por Choisy, pues unas son superficies cóncavas y otras convexas (desde el punto de vista del ejecutor), y que tiene las ventajas que Paredes presenta. Pero esa observación de Paredes, que es muy interesante en cuanto relaciona la disposición con lo que realmente se puede ver en las bóvedas extremeñas, está inmersa en un texto de muy difícil lectura, enormemente confuso y desordenado.

Albarrán (1885a, 85) menciona de pasada que «los albañiles de la localidad [de Badajoz] suelen no colocar todos los ladrillos en un mismo plano», porque «suponen los operarios que así tiene más fuerza la bóveda», que es la idea de Paredes.[11]

Sorprende mucho que además de mencionar la adherencia del mortero en el momento de colocar las piezas, Paredes añada a ella otra «fuerza» tendente a sostenerlas, que llama rozamiento. Según su experiencia, con un mortero de cal 2:3, pueden quedar recibidos dos ladrillos en una pared vertical, uno sobre otro, que quedan pegados sin caer; continúa el ensayo disponiendo la superficie inclinada a 45 grados, con lo que el número de ladrillos que quedan retenidos solo con el mortero asciende a una columna de ocho (Figura 8). Su conclusión es que interviene esa nueva fuerza, el rozamiento; no contempla que el peso se descomponga en sentido normal y tangencial al lecho, ni que disminuya el valor del momento.

Si bien el manuscrito presenta una interesante cercanía a los usos artesanales, gracias a la cual hay noticia de las mencionadas hiladas cóncavas, a la hora de explicar la forma de las bóvedas es más tendente a mostrar configuraciones ideales, e inclinado a presentar un modo de expresión aparentemente científico para defender estos usos artesanales. En la primera parte del manuscrito presenta varios tipos de bóvedas formadas por cuatro sectores, es decir, más

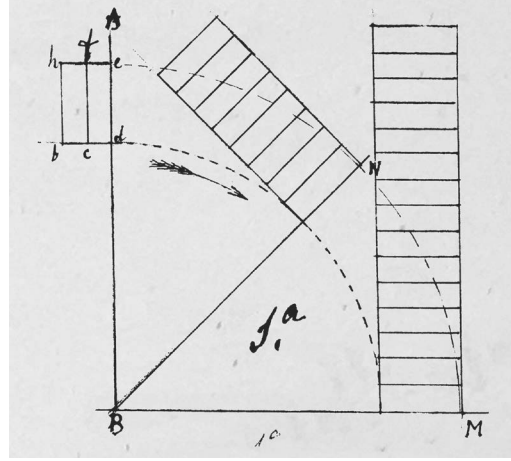



Figura 8
Ensayos sobre la adherencia de los ladrillos en Paredes (1883, fig. 1)

allá de la bóveda de cañón. La más elemental es la bóveda de arista; afirma que va a añadir otras dos, pero lo que ofrece a continuación son cuatro variantes de la bóveda de arista, cuando el rampante es circular, recto e inclinado, elíptico rebajado y elíptico peraltado. En estos dos últimos casos dice que las superficies que componen la bóveda son elipsoides, pero no lo justifica ni ofrece relación con ejecuciones reales. En todo caso, no hay rastro de bóvedas vaídas o en tapa de coche.

La segunda parte comienza con el título de *Digresión*, perfectamente adecuado al contenido, pues se propone hablar de las bóvedas góticas desde puntos de vista muy alejados de la construcción. Pero al cabo de algunas páginas retoma la construcción sin cimbra. Explica detalles de la ejecución de las bóvedas de cañón; hace entonces unas apreciaciones sobre el asiento que sufren que llaman la atención (dice que se aplanan los conos y se reduce el empuje hacia las cabezas); sin embargo, afirma que ha contemplado estos efectos personalmente.

Nunca habla de bóvedas de rosca, aunque alguna vez sustituye el término hilada por «rosca o anillo», y dice que cuando el operario alcanza la primera hilada completa de una bóveda de cañón se dice que ha «enroscado». En las bóvedas de cañón aparecen dibujadas unas primeras hiladas radiales, pero, en las variedades de bóveda de arista, nunca hay lo que se llama ahora pechinas.

Detalla también mejor que en la primera parte la construcción de bóvedas de arista, extendiéndose en el caso de que el rampante este formado por rectas ascendentes hacia el centro. Finalmente menciona que de igual manera se ejecutarían las antes mencionadas que estaban formadas por «dos esferoides o dos elipsoides», con rampante curvo, así como las que se adaptan a una planta irregular, o «cojas». Una frase final recuerda que las hay también en rincón de claustro y esféricas, y que todas se pueden hacer extraordinariamente rebajadas.

## Detalles

Ger (1869, 253) menciona la posibilidad de bóvedas por hojas, no extremeñas, apoyadas en una ligera cimbra. El mortero se aplica en cada uno de los ladrillos, en la cara y el canto. Albarrán (1885, 49) alude también a bóvedas de hojas perfectamente verticales, que no son las tradicionales en Extremadura, en las que se añade el mortero en cada ladrillo. Pero para las extremeñas, todos los autores mencionados coinciden en que tras la colocación de cada hoja se extiende una capa de mortero que recibirá la siguiente, es decir, no se aplica el mortero ladrillo a ladrillo. Según Boguerín, estos tendeles son de media pulgada. Hay que recordar que Choisy (1876) mencionaba también una capa de regularización (Rabasa, López-Mozo y Alonso 2020, 281).

Albarrán dedica una buena parte de la serie de artículos a calcular la estabilidad de los muros de cabeza que soportan los empujes de las primeras hojas, lo que entra en contradicción con la apreciación de Paredes mencionada, según la cual al asentar desaparece el empuje hacia los extremos.

Según Albarrán, cada metro cuadrado de bóveda de cañón de medio pie de espesor requiere 0,2 jornales de un albañil y 0,4 de cada peón, que hay que contar por dos, de donde se deduce que un albañil y dos peones hacen 5 $m^2$ por día, que debemos pensar que era de diez horas. Para Paredes el coste es 2-3 reales el $m^2$ si los albañiles ganan 10 reales en la jornada; es de suponer que este coste incluye a los peones, de donde se deduce un ritmo de 4 $m^2$ cada 8-12 horas. El mexicano Alfonso Ramírez habla de 4 $m^2$ por jornada de ocho horas. En consecuencia, las cifras son semejantes.

El ladrillo recomendado por Paredes es el 21 x 14 x 3,2. El usado hoy en México es 20 x 10 x 5. Tienen dimensiones distintas, pero un peso semejante. Según Sánchez Leal (Paredes 2004, 75), el ladrillo bovedero extremeño es actualmente el de 21 x 10 x 5 ó 3.

Se repite con frecuencia el ángulo límite de 45 grados, «ángulo de resbalamiento», para evitar el deslizamiento. Así lo hacen Ger y Albarrán, si bien este admite casos de mayor verticalidad. En Ger, Albarrán y Paredes se habla de «caldear la bóveda» para tender una capa de mortero de cal sobre su superficie terminada, que rellene los rincones.

## Conclusiones

Es característica de estos autores del siglo XIX la intención de mejorar científicamente la práctica. Es sabido que las superficies son el resultado de disponer a mano los ladrillos, con la sola guía de una cuerda, que en el caso de las bóvedas de cuatro sectores se limita a señalar el objetivo, la posición del punto central en el que converger; y sin embargo sus líneas se describen en los textos cono circunferencias o elipses, y las superficies resultantes como esferoides o elipsoides. La llamada tapa de coche se quiso clasificar geométricamente de alguna manera, como bóveda por arista, vaída o por rincón. Las llamadas pechinas son suprimidas para dar apariencia de regularidad, o bien se admiten suponiendo que sus hiladas son perfectamente horizontales. Las condiciones de estabilidad son abordadas con los recursos teóricos de los que disponían para superar la intuición.

Por otra parte, comprobamos que no es riguroso empeñarse en definir el significado de los términos y las formas características de los tipos de aparejo de una manera sincrónica. Tanto unos como otros cambian con el tiempo.

La determinación arqueológica de las fechas de construcción de las bóvedas existentes es importante, porque no podemos confiar en que las antiguas fueran enteramente similares a las actuales.

## Notas

1. Esta comunicación es parte del proyecto de I+D+i "La construcción de bóvedas de ladrillo por hojas. Usos históricos y posibilidades actuales", PID2020-116191GB-I00 financiado/a por MCIN/ AEI/10.13039/501100011033/.

2. Entre otros, los autores de esta comunicación y los miembros del equipo del proyecto mencionado. Específicamente sobre la forma de las bóvedas de cañón en Rabasa, López-Mozo y Alonso (2020), y sobre la forma de las bóvedas compuestas por sectores en López-Mozo et al. (2021) y Marín et al. (2021).
3. También se encuentran en centro Europa aparejos que comienzan en los rincones, pero formando aristas según la diagonal de la planta. Está probablemente relacionado con las bóvedas aristadas de ladrillo de la misma zona; un tipo semejante en piedra se puede ver en las bóvedas de Francesc Baldomar.
4. El dibujo de Espinosa podría representar los dos casos, pero no el de la disposición por hojas. Trata estas "Bóvedas sin cimbra" después de las "Bóvedas tabicadas", lo que hace suponer que no son tabicadas, sino radiales; sin embargo, Albarrán (1885, 41) hace una descripción y un dibujo muy parecidos (incluso en cuantoo a la estructura de la descripción), pero refiriéndose a bóvedas tabicadas. Ambos hablan de "rosca" para los arcos de ladrillo, radial o tabicado, incluso cuando presentan esa curiosa forma en V.
5. Se publica en dos lugares con el mismo texto e ilustraciones. En Albarrán (1885a, 41) se anota que se trata de una "Memoria reglamentaria presentada en 1883 por el capitán del cuerpo D. José Albarrán.", pero en Albarrán (1885b, 161) aparece "Memoria reglamentaria presentada en 1883 por el comandante del cuerpo de Ingenieros del Ejército D. José Albarrán." Se deduce, pues, que el trabajo estaba hecho en 1883 (fecha que coincide con las de los trabajos de Choisy y Paredes), y que en 1885 Albarrán ascendió.
6. La segunda edición (1898) cambió el título *Manual* por *Tratado*, pero efectivamente explicaba en el prólogo que era una segunda edición ampliada. En la tercera (1915) se recupera el trabajo como *Manual*. Es curioso que esta de 1915 es presentada en la portada como segunda edición, y aún más si observamos que sale de la misma imprenta que la segunda edición real de 1898.
7. La bóveda vaída perfectamente esférica es difícil de encontrar, incluso en piedra tallada. Pensamos que debiera llamarse así, en general, también a las de apariencia aproximadamente redondeada, como en este caso.
8 También se puede observar en un curioso ejemplo del manuscrito de cantería de Portor y Castro (Carvajal 2021 438-441).
9 Sánchez Leal, en Paredes (2004, 81), menciona las bóvedas de la antigua Tenería en la ctra. a Puente Ajuda en Olivenza (Badajoz). Albarrán (1885a, 90) dice que se construyó una en la antigua Escuela Normal de Badajoz, ya desaparecida.
10. Se encuentra una descripción enteramente semejante en González Rodríguez (2005 216), como procedimiento empleado en tiempos recientes.
11. Alude a su figura 13, en la que, sin embargo, no es posible ver alterada la planitud de la hilada.

## Lista de referencias


Albarrán y Sánchez, José. 1885a. Bóvedas de ladrillo que se ejecutan sin cimbra. *Memorial de Ingenieros del Ejército* (revista quincenal), año XL, n. IV, V, VII y VIII.

Albarrán y Sánchez, José. 1885b. Bóvedas de ladrillo que se ejecutan sin cimbra. *Anales de la construcción y de la industria*, tomo X: 161-163, 178-182, 214-217 y Pl. 12.

Boguerin, Francisco. 1855. Construcción de bóvedas de ladrillo sin el auxilio de cimbras ni yeso. *Revista de Obras Públicas* 3: 135-136

Carvajal Alcaide. 2020. Cuaderno de Arquitectura de Juan de Portor y Castro, tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.

Choisy, Auguste. 1876. Note sur la construction des voûtes sans cintrage pendant la période byzantine. *Annales des Ponts et Chaussées*. 5ª serie, 2E sem.12: 439-449.

Choisy, Auguste. 1883. *L'Art de bâtir chez les Byzantins*. Paris: Librairie de la Société Anonyme de Publications Périodiques.

Espinosa, P. C. 1859. *Manual de construcciones de albañilería*. Madrid: Imprenta de Severiano Baz

Ger y Lóbez, Florencio. 1869. *Manual de construcción civil*. Badajoz: Imprenta de Don José Santamaría

Ger y Lóbez, Florencio. 1898. *Tratado de construcción civil*. Badajoz: La Minerva Extremeña.

Ger y Lóbez, Florencio. 1915. *Manual de construcción civil.* Badajoz: La Minerva Extremeña.

González Rodríguez, Alberto. 2005. *Extremadura Popular: Casas y pueblos*. Badajoz: Diputación de Badajoz.

López-Mozo, Ana, et al. 2021. Brick vaults by slices in Toledo. En J. Mascarenhas-Mateus, J., et al. (eds.). (2021). *History of Construction Cultures: Proceedings of the 7th International Congress on Construction History* (7ICCH 2021), July 12-16, 2021, Lisbon, Portugal. 674-681.

Marín-Sánchez, Rafael, et al. 2021. Compound brick vaults by slices in written sources. En J. Mascarenhas-Mateus, J., et al. (eds.). (2021). *History of Construction Cultures: Proceedings of the 7th International Congress on Construction History* (7ICCH 2021), July 12-16, 2021, Lisbon, Portugal. 658-665.

Paredes Guillén, Vicente. ca. 1883. *Construcción sin cimbra de las bóvedas de ladrillo con toda clase de morteros* (manuscrito). Archivo Histórico Provincial de Cáceres, legado Paredes.

Pizarro Gómez, Francisco Javier and José Sánchez Leal, eds. 2004. *Tratado de bóvedas sin cimbra de Vicente Paredes Guillén*. Facsímil del manuscrito *Construcción sin cimbra de las bóvedas de ladrillo con toda clase de mor-*

*teros* (ca. 1883), Archivo Histórico Provincial de Cáceres, legado Paredes. Badajoz: Consejeria de Fomento de la Junta de Extremadura.

Rabasa Díaz, Enrique, Ana López-Mozo, Miguel Á. Alonso-Rodríguez. 2020. Brick vaults by Slices in Choisy and Paredes. *Nexus Network Journal* 4(22): 811–830.

Wendland, David. 2007. *Lassaulx und der Gewölbebau mit selbsttragendenn Mauerschichten*, Petersberg: Michael Imhof.

# José de Porres y el arte de construir iglesias en Santiago de los Caballeros de Guatemala en el siglo XVII

Mario Raúl Ramírez de León

El estudio de la arquitectura eclesiástica de Joseph de Porres en la Capitanía General de Guatemala es parte de un complejo sistema que debe superar los retos de la destrucción causada por terremotos, inundaciones, incendios, entre otros fenómenos naturales, así como también la causada por los seres humanos, lo que nos deja con un palimpsesto, una serie de huellas, o trazos, que debemos seguir hasta reconstruir una imagen, ahora olvidada, de lo que fue el proceso de edificación y construcción de ciudades desde los inicios de la conquista de Nueva España y Guatemala, hasta las Reformas Borbónicas del siglo XVII.

Este palimpsesto, se oscurece aún más en primer lugar, por el prejuicio de considerar a la arquitectura de la Capitanía General de Guatemala como un evento aislado o independiente de la Nueva España, y cuyas características son un mero conjunto de elementos estilísticos como los identificados por Luis Luján quien aisló un elemento particular en la arquitectura de Diego de Porres, hijo de Joseph, que él denominó pilastra abalaustrada serliana en la arquitectura de la Capitanía General de Guatemala (L. Lujan Muñoz 2007); o las características tectónicas relativas al grosor de muros, esbeltez de columnas, y torres macizas, agrupadas en la noción del earthquake baroque o barroco sísmico desarrollado por Pal Kelemen (1967).

En segundo lugar, debe considerarse que para comprender la arquitectura de Joseph de Porres es necesario abordarle desde la perspectiva del oficio de la arquitectura, en un entorno en el cual no se contaba con arquitectos formados en la academia, y cuyos conocimientos del comportamiento de los materiales, la mecánica y la geometría provenían de la formación en el taller de oficios y de los tratados de arquitectura presentes en el territorio, en particular, de Serlio y Alberti, de los cuales, sin embargo, no se ha documentado su presencia en la Capitanía General (Ramírez de León 2014).

El primer objetivo, entonces busca identificar la presencia del leitmotiv de Joseph de Porres, en un discurso triunfal que se refleja en los esquemas compositivos de las fachadas en los edificios eclesiásticos desarrollados por Porres y la introducción de un sistema de arcos y bóvedas, en una fase de consolidación luego del primer siglo de la conquista, el cual se presenta tres fases sucesivas, la primera, a lo largo del camino de la conquista que viniendo de Nueva España llegó a la Capitanía General de Guatemala; la segunda, de consolidación, en la que las órdenes religiosas cobrarían importancia para afianzar la conquista material con la conquista espiritual, y una tercera, de síntesis, en las obras de Joseph de Porres en la Antigua Guatemala. El segundo objetivo es revisar la influencia de los tratados de arquitectura en la obra de Joseph de Porres, tanto en la obra edificada, como en la posible presencia de tratados en la Capitanía General. Lo anterior, lleva a preguntarnos ¿Que influencia tuvieron los tratados en el discurso triunfal en la arquitectura de Joseph de Porres en la ciudad de Santiago de los Caballeros de Guatemala durante el siglo XVII?

### Primera fase: La conquista de Guatemala 1524-1541

El descubrimiento y conquista de Nueva España fue un largo y complejo proceso que inició con el desembarco de Hernán Cortés en lo que ahora es Veracruz, en marzo de 1519. A partir de entonces, se desarrollaría un proceso de alianzas y estrategias de conquista que paulatinamente llevarían al control del territorio de Nueva España, proceso que continuaría hacia el sur, el 6 de diciembre de 1523, cuando uno de los capitanes de Cortés, Pedro de Alvarado, avanzaría hacia el sur, en lo que se convertiría en la Capitanía General de Guatemala (Lovell 2005, 58) véase también (Recinos 1952, 55) y (Van Oss 1986, 9), las relaciones estilísticas entre la actual Chiapas y Guatemala, tienen sus raíces en este proceso, como ha sido descrito por George Kubler:

> …los cronistas de la provincia dominica de Chiapas, que estilísticamente pertenece más a Centroamérica que a la Nueva España, nos dan los nombres de varios arquitectos que aprendieron su oficio dentro de la orden. En contraste con los dominicos de Oaxaca, los frailes de Chiapas y Guatemala confiaron, desde 1550 en su propio personal para toda empresa arquitectónica… (Kubler 2012, 181)

El proceso duró casi dos cientos años, desde la partida de Alvarado de México, hasta la caída de los itzaes en Petén, y fue apoyándose en la red de caminos que vinculaban a los pueblos indígenas, para convertirse, con el tiempo, en el sistema de caminos reales que vinculaba las ciudades recién fundadas, de la mano de frailes constructores de las distintas órdenes religiosas. Alvarado, se detiene en Tehuantepec, y a partir de allí, lanza su ofensiva desde Soconusco (Recinos 1952, 56), en esta época es de suponer la existencia de libros traídos por los frailes que acompañaban a los primeros conquistadores, no obstante, debe tenerse en cuenta que la primera edición del cuarto libro de Serlio no aparece sino hasta 1537.

### Segunda Fase o de consolidación: La conquista por la fe o la utopía del nuevo mundo 1542-1600

España construyó el nuevo mundo con tres actores importantes: la Iglesia, el Estado, y la ambición de los conquistadores (Lovell 2005, 75). La conquista por la fe y el catolicismo, de acuerdo con Adriaan van Oss, son los principales resultados y herencia de la conquista, cuyos efectos permanecen hasta el día de hoy (Van Oss 1986). Es este contexto cobran importancia los ideales de unidad y orden en el imperio español, que se reflejaba en la obligatoriedad de las congregaciones y reducciones de indios a pueblos. Este es un proceso de urbanización, aunque sea rudimentario, que buscaba concentrar a los pueblos indígenas, dispersos en el territorio, en pueblos al estilo español, por razones económicas, religiosas, de pago de impuestos, de control del territorio, y hasta de tipo simbólico al edificar un templo católico en ocasiones sobre un templo prehispánico, entre otros factores.

El primer asentamiento de la Santiago de los Caballeros de Guatemala, en 1524 en Iximché, tuvo una existencia efímera, siendo trasladada al valle de Almolonga, en donde el esfuerzo por asentarse en el territorio y afianzar su control luego de la conquista, derivó en la rápida fundación de un convento en 1529 en lo que hoy se conoce como Ciudad Vieja, que tampoco duró mucho, ya que con la destrucción de la ciudad se tuvo que realizar un tercer traslado, esta vez al valle de Panchoy, hoy Antigua Guatemala, donde se inicia la construcción de un convento en 1548 (Hernández Méndez y Ramírez Juárez 2000, 25).

Los primeros años luego de la conquista, se caracterizaron por construcciones muy básicas y perecederas, para dar paso, como en el caso de Santiago de Guatemala, a construcciones más formales, todavía de la mano de frailes constructores. En este primer siglo de la conquista, es posible que los frailes se acompañaran, en su menaje de casa, traído de España a América, de libros que les ayudaría en su misión, tales como la gramática de Nebrija, o el tratado de Vitruvio, entre otros. En esta segunda etapa, ya ha sido publicado, aunque en desorden, los siete libros de Serlio, y se cuentan con traducciones al español.

### Tercera Fase o de síntesis: El discurso triunfal y la arquitectura de Joseph de Porres

La arquitectura de los edificios eclesiásticos en Santiago de los Caballeros de Guatemala presenta una lenta evolución, que inicia con los primeros esfuerzos en manos del clero regular a mediados del siglo XVI, que fue desarrollado por frailes constructores, alarifes y un contingente de mano de obra indígena

que hizo posible la construcción de grandes obras, las que asombran aún hoy día por su monumentalidad. Luego, poco a poco, fue afianzándose el clero secular cuya expresión diocesana se reflejó en la construcción o reconstrucción de catedrales, especialmente durante el siglo XVII, que, para el caso de Guatemala, fue desarrollada por Joseph de Porres.

Las características generales de esta región han sido descritas por otros investigadores, tanto en sus aspectos estilísticos, con el discurso triunfal, como en los aspectos tectónicos y de gran solidez, en parte como consecuencia de los frecuentes terremotos:

> Estilísticamente hablando, Chiapas, Yucatán, Guatemala y ciertas regiones de Centroamérica son diferentes al altiplano de México. Existió una frontera estilística, espiritual y cultural entre la Nueva España y la esfera de influencia guatemalteca en Centroamérica. En los siglos XVI y XVII, dicha frontera estaba delimitada por el contorno oriente del actual estado de Oaxaca. Hacia el norte y el oeste, en el estado de Oaxaca, el centro de Veracruz, el sur de Puebla, Morelos y el este de Guerrero, la atmósfera estilística es totalmente distinta. En el establecimiento dominico de Tecpatán, Chiapas… se observan claramente esas diferencias estilísticas… la fachada, parecida a las de la zona de Guatemala o a las de los dominicos en Oaxaca… la solidez de su estructura y su ornamentación corresponde claramente al estilo de la provincia de Guatemala. En Quechula, la fachada suntuosa, con una gran variedad de planos que recuerdan la composición de los arcos triunfales, nos hace pensar en la riqueza de los tableros en la superficie de los contrafuertes de Teposcolula. (Kubler 2012, 348)

## Joseph de Porres

Joseph de Porres fue el primer maestro mayor de arquitectura en Santiago de los Caballeros de Guatemala, durante la segunda mitad del siglo XVII, tuvo una activa labor constructiva en esta ciudad primero como aprendiz en el taller de Juan Pascual, con quien aprendió el oficio y la manera de construir y cerrar bóvedas, algo novedoso para la época en Santiago de los Caballeros, y luego como responsable de las más importantes obras que se desarrollaron en Santiago, tales como: Templo de San Pedro (1675); La Catedral (1686); Templo de Santa Teresa (1687) (figura 4 y 5); Templo de Belén (167); La Compañía de Jesús (1698) (figura 2).

El recorrido de Porres inicia en su etapa formativa en el Templo de San Pedro (1650-1675), todavía bajo la tutela de Juan Pascual, heredando la obra al morir este y de quien aprendió el arte del cerramiento de bóvedas. Un dato curioso es que la Catedral de Santiago (figura 1) se encontraba en obras, en las que también participaba Porres, como maestro menor, bajo la tutela de Martín de Andújar, quien estaba a cargo de los trabajos. No obstante, Andújar no tenía experiencia en obras de la magnitud de la catedral, y menos en el desarrollo y edificación de sistemas de arcos y bóvedas. Por ello, a mitad de la obra se encontró con la dificultad de no poder cerrar las bóvedas, ante lo cual, Porres, basado en su experiencia, expuso la manera en que debían cerrarse, corrigiendo los arranques y replanteando la geometría con lo que se ganó el puesto de maestro mayor en 1672 (Amerlink 1981).

Figura 1
Catedral de Santiago de los Caballeros de Guatemala, que muestra las características compositivas derivadas de arcos triunfales, Joseph de Porres, 1686. Fotografía del autor, 2016

Figura 2
Templo de la Compañía de Jesús, Joseph de Porres, 1698, Fotografía del autor, 2016

Figura 3
El triunfo de la Iglesia, 1673, pintura al óleo de Pedro Ramírez, que se encontraba en la Catedral de Santiago de los Caballeros de Guatemala y que se exhibe hoy en la Catedral de La Nueva Guatemala de la Asunción, fotografía del autor, 2016

La obra de Porres se enmarca en las corrientes del manierismo, que se desarrollan tardíamente en América, y una de cuyas características incluyen, en primer lugar, el desarrollo de una portada de tipo vitruviano, con un rigor excepcional en la aplicación de los tratados, en particular de Serlio y Alberti y con la utilización de bóvedas, en segundo lugar, de un esquema compositivo basado en un sistema de arcos de triunfo. Otros investigadores, como Jorge Luján (2006), o George Kubler (2012) han notado la existencia de los arcos de triunfo, pero no lo han relacionado con una característica específica de la arquitectura de Joseph de Porres en Santiago de los Caballeros de Guatemala.

Los motivos de este sistema de arcos de triunfo, de inspiración romana, pueden encontrarse en el discurso de triunfo de la iglesia (figura 3), que para el siglo XVII, cuando el imperio español entraba en decadencia,

Figura 4
Templo de Santa Teresa, Joseph de Porres, 1683-87, fotografía del autor, 2016

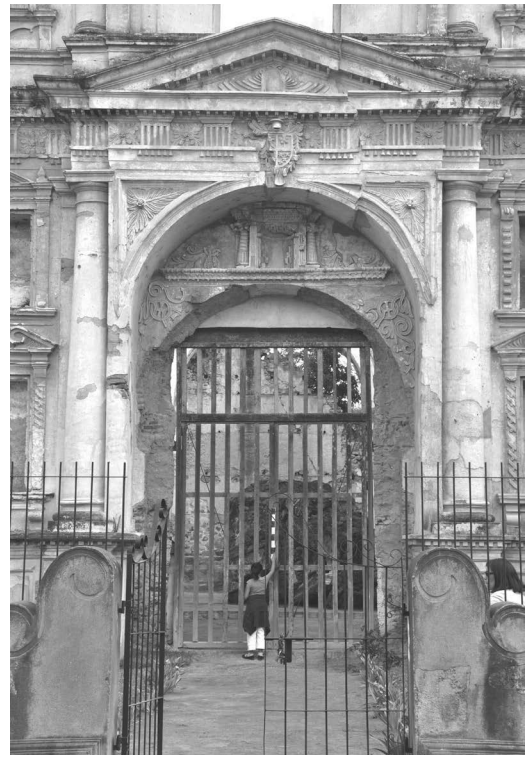


Figura 5
Detalle de ingreso, Templo de Santa Teresa, Joseph de Porres, 1683-87, en la que se aprecia la similitud con el arco de los Gabos, incluido en la lámina LXVIII del libro tercero de Sebastiano Serlio. Fotografía del autor, 2016

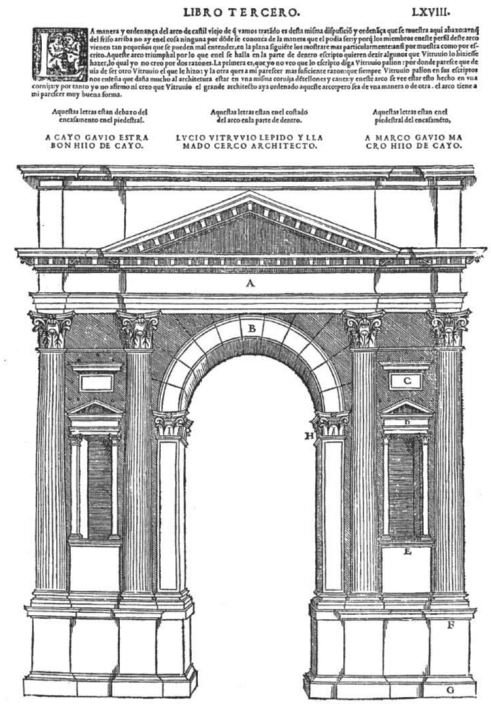



Figura 6
Lámina LXVIII del libro tercero de Sebastiano Serlio, que representa el arco de los Gabos, 1552

era una manera de soportar o apoyar un discurso triunfalista de la monarquía de los Austrias, reflejado así mismo, en la pintura de los triunfos, a partir de los modelos de Rubens. Un ejemplo notable se encuentra primero, en la iglesia de San Pedro, que como se indicaba fue de los primeros trabajos de Porres, donde se ensaya la aplicación del esquema compositivo del arco del triunfo, mismo que sería refinado y aplicado al templo de Santa Teresa, con claras referencias al arco de los Gabos, en Verona, Italia (figura 7), y que se encuentra representado en las láminas LXVIII del libro III de Sebastiano Serlio (figura 4, 5, 6 y 7).

En tercer lugar, Porres utilizaba la noción del decoro, a partir de las instrucciones de Carlos Borromeo (Borromeo 1985) en las que se enfatizaba el uso de ordenes clásicos y esquemas de composición, en particular, el decoro en la catedral de Santiago de los Caballeros era, de acuerdo con el cronista de la ciudad: «Es su decoro de orden de arquitectura compo-

Figura 7
Arco de los Gabos, que se encuentra en Verona, Italia, fotografía del autor, 2015

Figura 8
Crucero, interior Catedral de Santiago de los caballeros de Guatemala, que muestra el orden triunfal de Joseph de Porres, fotografía del autor, 2016

Figura 9
Detalle de cornisa, interior Catedral de Santiago de los caballeros de Guatemala, que muestra el orden triunfal de Joseph de Porres, fotografía del autor, 2016

sita, con basas áticas, columnas dóricas y cornisas corintias» (de Fuentes y Guzmán 1882).

Finalmente, en las obras de Porres, se observa la utilización de sistemas de proporciones, aplicados a los órdenes clásicos descritos por Serlio, en su libro IV, relativos a la esbeltez de las columnas, las cuales guardan proporción con respecto al tamaño de los elementos en templos progresivamente de mayor envergadura. Estas proporciones derivan en columnas cada vez más robustas, y menos esbeltas, para resistir los frecuentes y fuertes terremotos.

## Los tratados de arquitectura

Los libros, y más específicamente los tratados de arquitectura estuvieron presentes en la Capitanía General de Guatemala, al respecto, hay pocos estudios sobre los libros utilizados, cuyas referencias se encuentran solamente en documentos de archivo, testamentos e inventarios de bibliotecas como la Biblioteca Jesuita, cuyo registro se salvó gracias a la expulsión de los territorios españoles, en 1768. Por otro lado Mario Ubico Calderón, investigador de la USAC, indica que si hubo presencia de tratados, como el de Lorenzo de San Nicolas, Sagredo, Alberti, Vitruvio, entre otros.(Ubico Calderón 2017, 218) Por su parte, Luis Luján indica que existieron otros tratados, como los de Sebastiano Serlio, cuyo mérito, en el entorno del Renacimiento y del Manierismo, se encuentra en poner al alcance de los frailes constructores en América un repertorio de imágenes de obras clásicas (L. Lujan Muñoz 2007).

## Vitruvio

Los MSS de Vitruvio y su tradición han sido analizados por Carol Herselle en el Instituto Warburg, (Herselle Krinsky 1967) quien identifica al MS Harleianus 2767 y al MS Selestatensis como los más antiguos, ubicándolos alrededor del siglo IX, bajo la influencia Carolingia. En dichos tratados, ya se menciona un tipo de cornisa similar al orden triunfal empleado por Joseph de Porres en la Catedral de Santiago de los Caballeros (figura 8 y 9) y en el templo de la Compañía de Jesús. No obstante, del tratado original de Vitruvio, en sus ediciones en latín y sin figuras o imágenes, se vuelve obscuro y de difícil aplicación. No obstante, se considera importante los principios de la mecánica en Vitruvio, desde una perspectiva geométrica descritos en el, en particular para el funcionamiento de máquinas, lo que se conoce como el paradigma de la leva, mucho antes de la formulación de Newton de los principios del movimiento y la inercia (Ramírez de León 2013).

## León Batista Alberti y la reinterpretación de los arcos de triunfo romanos, el contexto europeo 1450-1550

Los orígenes de la integración de un esquema compositivo Romano, el arco del triunfo se remonta a los tratadistas del Renacimiento, de la mano de teóricos como Alberti, con el sistema de arquitrabe y columnas, lo que preconiza el uso del lenguaje clásico, reinterpretado.

Alberti tiene la virtud de situarse en la frontera entre los tratados manuscritos, como el de Vitruvio, y los impresos. Existe, por ejemplo, una edición manuscrita de Alberti, de 1483 y una versión impresa un par de años después en 1485 (Ramirez de León 2019). Es decir, algunos años antes del descubrimiento de América.

El uso de los arcos de triunfo por Alberti fue una de sus principales características, ejemplificada tanto en el templo Malatestiano, como en la iglesia de San Andrés, en Mantua, iniciada en 1462 en los cuales es evidente la intención de incorporar este elemento como un esquema compositivo en el diseño de iglesias, reinterpretando entonces la función de los arcos de triunfo romanos, como resultado de campañas militares para exaltar la figura del héroe, vencedor de la guerra.

Alberti tuvo gran influencia a principios del siglo XVI, por lo que esta tradición, estuvo presente en la Iglesia de Santa María Maggiore, en Trento, sede del famoso concilio que lleva su nombre. La iglesia, iniciada en 1520, fue la sede del Concilio, en la que aparte de las reflexiones estrictamente eclesiásticas, también se desarrolló una importante labor humanista, heredera de los estudios del siglo XV, en manos de Niccolo Thomae y Giovanni Sulpitius, quienes trasladan la tradición manuscrita de Vitruvio y Aristóteles al nuevo escenario de la imprenta. Por ello, en el Concilio se desarrolla una importante discusión del tratado de Vitruvio, por parte del representante de la República de Venecia, Daniele Barbaro y del representante español de Carlos V, Don Diego Hurtado de Mendoza.

## Sebastiano Serlio

Este tratadista tuvo una amplia difusión en América, en parte por la manera gráfica en la que presentaba las obras de la antigüedad romana por medio de láminas que podían ser interpretadas por los maestros mayores, con algunos conocimientos de geometría, y en el arte aprendido en el taller de oficios, en particular, la edición de Villalpando de 1552 del tercer y cuarto libro de Sebastiano Serlio. Aunque las obras edificadas por Joseph de Porres dan cuenta de manera clara y contundente de la influencia de este tratadista, no se había encontrado ningún ejemplar en Guatemala.

Por ello, y como parte de esta investigación, se ha podido realizar un importante hallazgo, no documentado con anterioridad, sobre la presencia en la Capitanía General de Guatemala de un ejemplar del tratado de Sebastiano Serlio. Se trata de un fragmento, de la lámina 48 a la lámina 56. El ejemplar se encuentra encuadernado junto a otros documentos, relativos a la perspectiva y diseño, en la Biblioteca Nacional de Guatemala, este hecho inédito, permite apoyar la tesis sobre el origen del discurso triunfal, en manos de arquitectos, alarifes, frailes constructores, que junto a las autoridades eclesiásticas y de la corona, impulsaron un programa de control sobre este territorio, fragmentado y relativamente aislado, pero unido por el discurso de la fe y el recordatorio del sometimiento y la conquista, reflejado en una serie de portadas triunfales.

Sorprendentemente, aunque el fragmento que se conserva en la Biblioteca Nacional de Guatemala (figuras 10, 11 y 12) no incluye la portada, puede ob-

Figura 10
Lámina LIIII, fragmento del libro del cuarto libro de Sebastiano Serlio, que se conserva en la Biblioteca Nacional de Guatemala, fotografía del autor, 2019

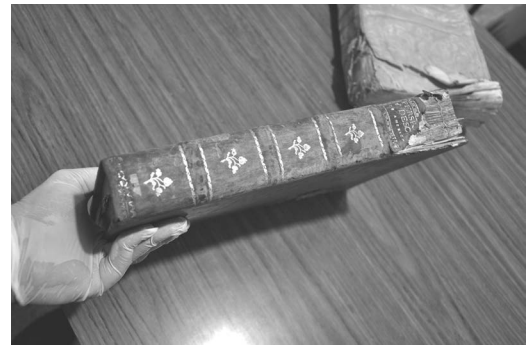


Figura 11
Vista del lomo del documento encontrado en la Biblioteca Nacional de Guatemala, que contiene materiales diversos, incluido un fragmento del libro del cuarto libro de Sebastiano Serlio, fotografía del autor, 2019

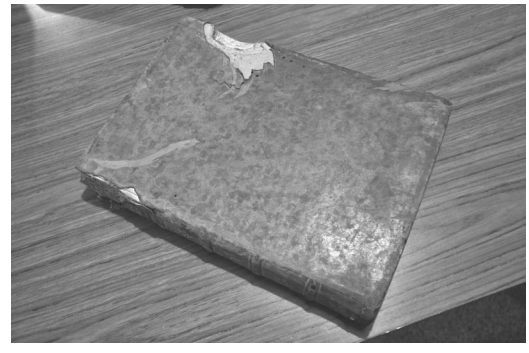


Figura 12
Vista de la tapa del documento encontrado en la Biblioteca Nacional de Guatemala, que contiene materiales diversos, incluido un fragmento del libro del cuarto libro de Sebastiano Serlio, fotografía del autor, 2019

servarse que está redactado en italiano, por lo que se ha determinado que no corresponde a la edición en español de Villalpando, de 1552, sino a la edición veneciana de 1540 de Marcolini (Serlio 1540).

## Reflexiones finales

El discurso triunfal en arquitectura de Joseph de Porres debe ser abordado con una visión integral y de conjunto de la región ocupada por la entonces Capitanía General, incorporando aspectos urbanísticos y del campo de la pintura en la que el tema del triunfo fue desarrollada por Pedro Pablo Rubens, que ejemplifica la existencia y permanencia de este discurso en Europa y en América, ya que copias u obras inspiradas en este autor existieron tanto en Nueva España, como en la Capitanía General de Guatemala (Leyva-Gutiérrez 2012).

Establecido el contexto histórico-geográfico, a lo largo del sistema de caminos reales, con las características de esta arquitectura que corresponden a las de la Capitanía General de Guatemala, que evoca un esquema compositivo basado en arcos de triunfo, transmitidos por medio de tratados de arquitectura como el de Sebastiano Serlio, la arquitectura de Joseph de Porres se revela como un discurso urbano arquitectónico, sobre todo en la ciudad de Santiago de los Caballeros de Guatemala, con templos como San Pedro, La Compañía de Jesús, Santa Teresa, la Recolección, la Catedral, Belén, entre otros.

Los libros cumplían la función de transmitir estos conocimientos a un grupo de maestros mayores y constructores que pudieron desarrollar un lenguaje arquitectónico clásico, reinterpretado con materiales locales, a pesar de los problemas estructurales derivados del entorno sísmico que finalmente llevaría a la destrucción de Santiago de los Caballeros de Guatemala en 1773.

Es evidente la influencia de los tratados de arquitectura, y la habilidad de Joseph de Porres para reinterpretarlos y aplicarlos, con solamente los conocimientos del oficio, apoyado en principios de geometría, y el uso de regla y compás, en particular, a partir del libro IV sobre los estilos arquitectónicos de Sebastiano Serlio.

El fragmento encontrado en la Biblioteca Nacional de Guatemala confirma la presencia de tratados en Guatemala, no obstante, se debe profundizar en su estudio ya que el ejemplar encontrado, al estar en italiano plantea interrogantes sobre la posibilidad de uso por parte de Porres, al ser un práctico en el oficio, no formado en la academia. En este contexto se considera importante la participación de otros actores descritos al inicio, que incluyen la Iglesia, el Estado y los grupos de poder derivados de la conquista, quienes por un lado estaban interesados en transmitir un discurso triunfal, como expresión del poder y control del territorio, reflejado en los edificios más emblemáticos de la época y por otro lado, el rol de la Iglesia tanto en el control de los libros permitidos o admitidos en la Capitanía General, como el conocimiento de los frailes de lenguas extranjeras que incluían no solamente italiano, sino latín, entre otras.

La presencia de tratados en una fase tan temprana responde la pregunta inicial sobre la influencia de los tratados y la importancia en el discurso del poder, a pesar de la distancia que separaba a la metrópoli de los territorios españoles en América, para la arquitectura y el urbanismo, de la mano de maestros mayores como Joseph de Porres.

## Lista de referencias

Amerlink, María Concepción. 1981. Las Catedrales de Santiago de los Caballeros de Guatemala. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de Mexico.

Borromeo, Carlos. 1985. Instrucciones de la fábrica y del ajuar eclesiásticos. Editado y traducido por Bulmaro Reyes Coria. México: UNAM.

Fuentes y Guzmán, Francisco Antonio de. 1882. Recordación Florida. Guatemala.

Hernández Méndez, Rodolfo Esteban, y Norma Alma Lucky Ramírez Juárez. 2000. «La orden de los dominicos en el reino de Guatemala, 1535-1700». Proyecto de investigación. Guatemala: DIGI USAC.

Herselle Krinsky, Carol. 1967. Seventy eight Vitruviu's manuscripts. Journal of the Warburg and Courtauld Institutes 30, 36-70.

Kelemen, Pal. 1967. Baroque and Rococo in Latin America. Dover books.

Kubler, George. 2012. Arquitectura mexicana del siglo XVI. Segunda ed. México: Fondo de Cultura Económica.

Leyva-Gutiérrez, Niria E. 2012. «Painting power: images of ecclesiastical authority in Seventeenth Century New Spain». Doctoral dissertation, New York University.

Lovell, W. George. 2005. Conquest and Survival in Colonial Guatemala: A historical Geography of the Cuchumatan Highlands, 1500-1821. McGill-Queen´s University Press.

Lujan Muñoz, Jorge. 2006. Antologia de artículos de historia del arte, arquitectura y urbanismo. Universidad del Valle de Guatemala.

Lujan Muñoz, Luis. 2007. La pilastra abalaustrada serliana en el reino de Guatemala (1730-1790). Guatemala: Editorial Universitaria, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Oss, Adriaan Van. 1986. A parish history of Guatemala, 1524-1821. New York: Cambridge University Press.

Ramirez de León, Mario Raul. 2019. Pensamiento aristotélico en los tratados de arquitectura y construcción. En Tercer congreso internacional hispanoamericano de historia de la construcción, editado por Juan Ignacio del Cueto Ruiz-Funes, Valeria Méndez Pineda, y Santiago Huerta, 907-19. Mexico: UNAM.

Ramírez de León, Mario Raúl. 2013. Meccanica Problemata en la arquitectura de Joseph de Porres. Avance 1 (3): 26-31.

Ramírez de León, Mario Raúl. 2014. «La arquitectura de la Antigua Guatemala, Joseph de Porres». Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México.

Recinos, Adrian. 1952. Pedro de Alvarado. Fondo de Cultura Económica.

Serlio, Sebastiano. 1540. Regole Generali di architettvra di Sabastiano Serlio Bolognese. Venetia: Francesco Marcolini da Forli.

Ubico Calderón, Mario Ubico. 2017. «Templos parroquiales en alcaldías mayores y corregimientos de la provincia de Guatemala en el período 1650-1821». Tesis doctoral, Universidad de San Carlos de Guatemala.

# Arcos apuntados en la Mezquita de Córdoba

Luis Ramón-Laca Menéndez de Luarca

En la Mezquita de Córdoba, a ambos lados de la *maqṣūra*, se conservan dos arcos apuntados –de uno de ellos solo se conserva el arranque–, los cuales se diferencian claramente de otros arcos de la misma crujía o serie, que son de herradura. Llaman la atención estos dos arcos igualmente en el conjunto de la Mezquita, por ser los únicos que se apartan de los modelos utilizados en ella, que son siempre de herradura o de lóbulos.

Estos arcos apuntados pueden ponerse en relación con el "modo cuarto" de los cinco trazados de arco incluidos por el persa *al-Kāšanī* o *al-Kāšī* en su tratado matemático *Miftāḥ al-ḥisab*, completado hacia 1425 en Samarcanda, lo que permite establecer algunas hipótesis sobre el posible origen de los maestros y/o los albañiles que construyeron estos arcos, comparando estos con los de otras mezquitas anteriores, como por ejemplo la de Ibn Tūlūn en El Cairo (Egipto).

La construcción de arcos apuntados en Córdoba en época del califa al-Ḥakam II (915-976) permitiría explicar quizá la presencia asimismo de arcos de lóbulos claramente apuntados en la Aljafería de Zaragoza (s. XI). El trazado de los arcos de la Aljafería puede relacionarse a su vez con el interés de los reyes taifas de Zaragoza por las matemáticas, especialmente al-Mu'taman ibn Hūd (rey de Zaragoza entre 1081 y 1085), autor de un manual o tratado matemático titulado *Kitāb al-Istikmāl*, o "Libro de la perfección", en el que aquel estudia, entre otras, las obras de Arquímedes y Euclides.

## Arcos apuntados a la izquierda y a la derecha de la maqsura

En la ampliación de la Mezquita de Córdoba llevada a cabo en época del califa al-Ḥakam II, la línea de arcos transversales que delimita, por así decirlo, el espacio público de la sala de oración a la altura de la *maqṣūra*, estaba formada por tres arcos de herradura y un arco apuntado – de este se conserva solo el arranque derecho – a la izquierda y un arco apuntado y tres arcos de herradura a la derecha (figuras 1, 2 y 3)[1]. Dichos arcos apuntados son ciertamente una rareza, puesto que todos los demás arcos de la Mezquita son de herradura o de lóbulos.

Tanto el arco apuntado del lado derecho como la serie de rizos que decoran su intradós llamaron la atención de Ricardo Velázquez Bosco; en efecto, se conserva en el Archivo de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, en Madrid, un dibujo del primer restaurador de la Mezquita que representa el arco y algunos rizos (figura 4).

En el capítulo dedicado al arte califal, incluido en el volumen V de la Historia de España editada por D. Ramón Menéndez Pidal, Leopoldo Torres Balbás (1957: 488) llamó la atención sobre el arco de la derecha, incluyendo una fotografía de este procedente del Archivo Mas de Barcelona:

> El arco agudo hizo su aparición esporádica en esta ampliación en el ingreso a los dos tramos que flanquean los de las tres naves centrales inmediatas al mihrab. Subsiste

Figura 1
Arco apuntado a la derecha de la *maqṣūra* (fotografía del autor)

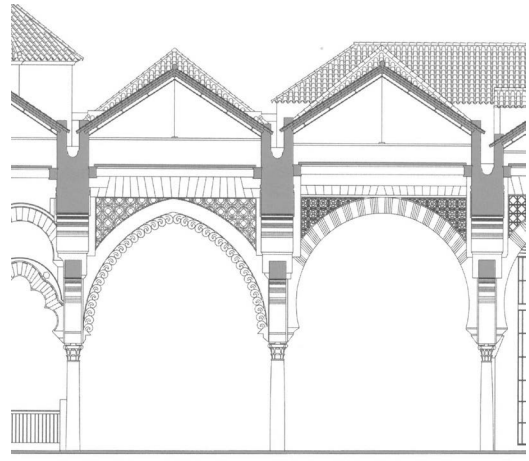


Figura 2
El arco de la derecha según Gabriel Ruiz Cabrero (2009)

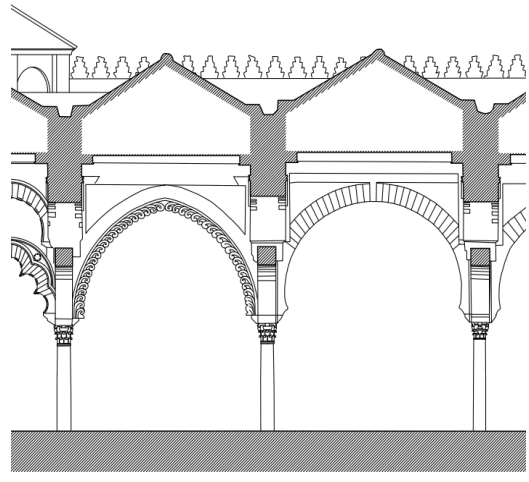


Figura 3
El arco de la derecha según Antonio Almagro Gorbea, fragmento del frente de la ampliación de al-Hakam II con orto (Archivo de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, número inventario AA-101_52)

> tan solo el oriental. Es francamente apuntado. Pero, si no aparente, el arco agudo sirvió de traza auxiliar para la de todos los lobulados de la mezquita, los centros de cuyos lóbulos están siempre en las dos ramas de un arco de esa forma.

De estas palabras se desprende que el fragmento del arco de la izquierda, que puede verse hoy a la derecha de la puerta de la sacristía, estaba oculto seguramente en época de Torres Balbás:

> La perfecta simetría respecto al eje longitudinal existente en toda la ampliación de al-Hakam II garantiza la existencia de ese arco desaparecido.

Más recientemente, autores como Antonio Momplet (2012) y Concepción Abad (2013) han dedicado interesantes reflexiones a dichos arcos, señalando numerosos antecedentes en Oriente y demostrando que la línea de arcos que ellos denominan "transversales" fueron construidos con posterioridad a la ejecución de los muros de cierre este y oeste.

En este trabajo, se pretende descifrar el posible origen de estos arcos, así como explicar por qué se eligió, solo para estos dos arcos, un trazado que se apartaba completamente del repertorio de arcos de herradura y de lóbulos característico de la Mezquita a lo largo de toda su construcción entre los siglos VIII y X.

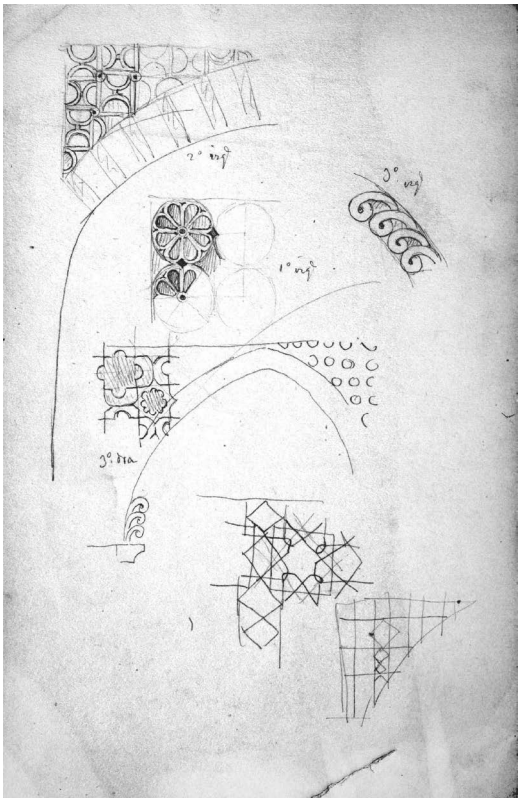


Figura 4
Dibujo de Ricardo Velázquez Bosco (Archivo de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, Madrid, signatura RVB-052)

La rareza del tipo aconseja en primer lugar desechar la posibilidad de que estos arcos hubieran sido construidos en época cristiana. En contra de esta hipótesis hay varias razones, la primera de ellas relativa al motivo de rizos utilizado en el intradós de los arcos. En una reciente visita a Medina Azahara, tuve la oportunidad de comentar esta cuestión con el arqueólogo conservador de dicha ciudad palatina, Antonio Vallejo, quien identificó inmediatamente dicho motivo como propio del repertorio califal, refiriéndose a piezas conservadas en el museo del yacimiento, algunas de las cuales me mostró. Este motivo decorativo aparece asimismo en la propia Mezquita, en concreto en varios de los modillones del alero del patio, los cuales fueron estudiados en detalle por Basilio Pavón Maldonado (1987) – los rizos de los arcos apuntados son exactamente iguales que los que aparecen en los modillones del tipo G, en la denominación de Pavón Maldonado (1987: 228) –. La otra razón para rechazar la hipótesis de una posible reforma llevada a cabo en época cristiana es precisamente el peculiar trazado del arco, formado por dos arcos de círculo cuyos centros no están situados en los arranques de aquel, sino en dos puntos situados respectivamente (con relativa precisión) a un tercio de los arranques (figura 5). Se trata de un arco apuntado, pero no es un arco gótico típico; sería en todo caso un arco denominado en la Edad Media como "del tercer punto" (Shelby 1969: 538).

Como demuestra la figura 5, el trazado del arco se corresponde perfectamente con el "modo cuarto" de los cinco referidos por el matemático persa *al-Kāšanī* o *al-Kāšī* en su tratado matemático *Miftāḥ al-ḥisab*, completado hacia 1425 en Samarcanda (figura 6):

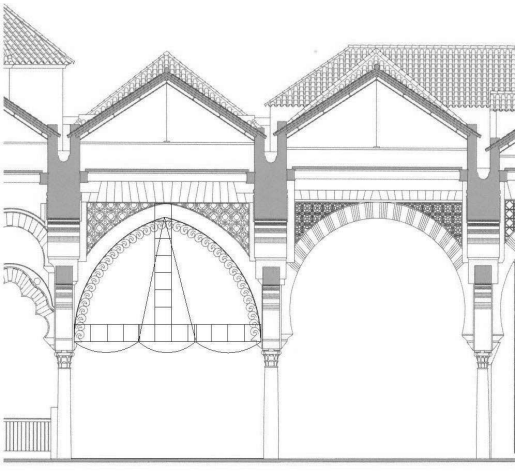


Figura 5
Traza del arco de la derecha; los cuadrados representan codos califales (54,04 cm)

**The fourth way.** We trisect the span of the vault AD at points B and R. We draw an arc DI around point B with a distance equal to the length of BD, and we draw an arc AI around point R with a distance equal to the length of AR. We connect BI and RI, and we extend them to points E and Y [respectively] with a distance equal to the width of the gap. We extend AD similarly in both direc-

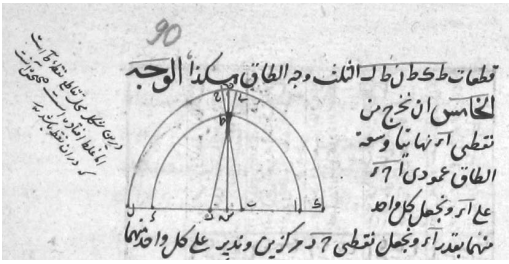


Figura 6
Página original del *Miftāḥ al-ḥisab* (Aydin, Hammoudi y Bakbouk 2020: 158)

tions to points K and L. We draw an arc LE around point B with a distance equal to the length of BL, and we draw an arc Y K around point R with a distance equal to the length of RK. From points E and Y , we draw two line segments, EN and Y N [respectively], perpendicular to IE and IY [respectively]. The combination of the parts IK, IN, and IL together form the face of the arc like this (Aydin, Hammoudi y Bakbouk 2020: 159; Memarian, Anwarul Islam y Mousavian 2014).

El modo cuarto. Dividimos en tres la luz de la "bóveda" AD, obteniendo los puntos B y R. Dibujamos un arco DI con centro en B con radio igual a la longitud BD y dibujamos el arco AI con centro en R con radio igual a la longitud AR. Unimos BI y RI, y los extendemos hasta los puntos E e Y [respectivamente] con una distancia igual al ancho del intervalo. Extendemos AD de manera similar en ambas direcciones hasta los puntos K y L. Dibujamos un arco LE alrededor del punto B tomando como radio BL, y dibujamos el arco YK con centro en R tomando como radio RK. Desde los puntos E e Y, dibujamos dos segmentos, EN e YN [respectivamente], perpendiculares a IE e IY [respectivamente]. La combinación de las partes IK, IN e IL dan forma a este arco (figura 7).

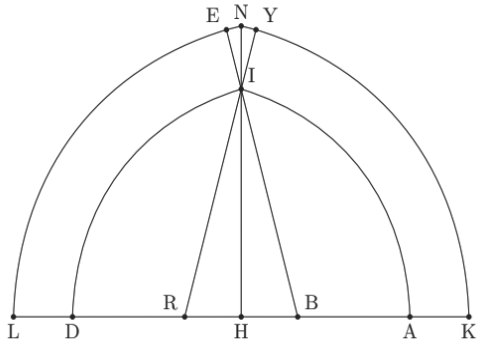



Figura 7
Traza del modo IV de arco según *al-Kāšanī* (Aydin, Hammoudi y Bakbouk 2020: 159)

En realidad, el tratado de *al-Kāšanī* se refiere a métodos para calcular la superficie de arcos y bóvedas (Dold-Samplonius 2003). De los cinco trazados de arco referidos por *al-Kāšanī* en su tratado, este es el más sencillo de dibujar. Se trata, por otra parte, de un tipo de arco relativamente frecuente en Oriente, que aparece ya en la Mezquita de al-'Aqṣā, en la Mezquita de Ibn Tūlūn y en la cisterna de Ramala, entre otros ejemplos.

Volviendo al texto de Torres Balbás, en mi opinión, los arcos de lóbulos de la Mezquita de Córdoba no parecen haberse llevado a cabo mediante una traza apuntada. Únicamente los dos arcos citados presentan un trazado claramente apuntado.

## Arcos apuntados de lóbulos en la Aljafería de Zaragoza

Un apuntamiento que parece consciente lo encontramos asimismo en algunos arcos de lóbulos de la Aljafería. Por ejemplo, el arco S3 (S-Portikus, Querarkaden (S3), Verkleidung 1 en la denominación de Christian Ewert [1978], figura 8) del pórtico sur está formado en realidad por un arco apuntado (arriba) que monta sobre dos arcos de lóbulos que se entrecruzan (abajo). El arco superior es similar a los arcos apuntados de la Mezquita de Córdoba, aunque en este caso el trazado es similar al de un arco gótico, es decir, los centros de los dos arcos de círculo están, como demostró Ewert, en los arranques del arco.

Una fotografía tomada antes de la restauración de otro arco de la Aljafería (la parte sur del arco este que prolonga la arcada principal del pórtico norte, N Portikus, östlecher die Hauptarkade verlängernder Bogen, S-Fassade en la denominación de Ewert, figura 9) es especialmente interesante, ya que muestra cómo fue construido este. Los riñones del arco están formados por 17 o 18 hiladas horizontales de ladrillo, que se prolongan una sobre otra, es decir, formando un falso arco, hasta que la estabilidad lo permite, desplegándose a partir de dichas hiladas horizontales el verdadero arco; el resultado final es un arco de 11 lóbulos claramente apuntado. La ventaja de este sistema es que las hiladas de ladrillo horizontal reduci-

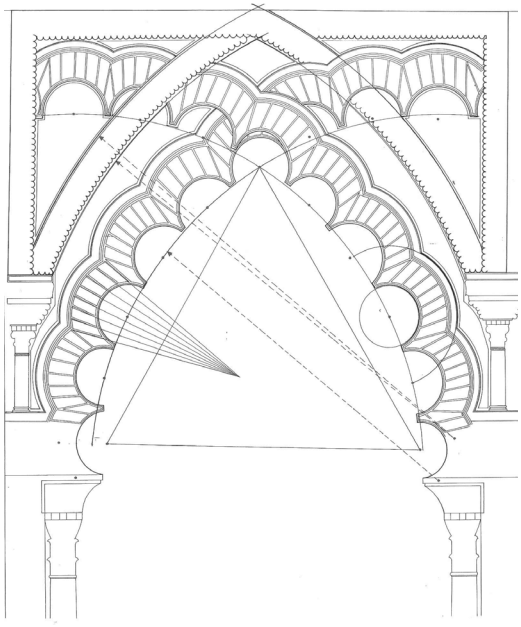


Figura 8
Dibujo del arco S3 de la Aljaferían según Christian Ewert (1978)

rían el tamaño de la cimbra al sector de los siete lóbulos centrales. Así, parece como si los arcos de la Aljafería prolongaran los arcos lobulados de cinco o siete lóbulos de la Mezquita de Córdoba con cuatro arcos suplementarios, dos a cada lado.

A su vez, este tipo de arco aparece claramente desarrollado en los arcos de lóbulos almohades, de los que se conservan multitud de ejemplos construidos en los siglos XII y XIII, sobre todo en Sevilla, por ejemplo en el Patio de los Naranjos, antiguo patio de la mezquita mayor, como en el Alcázar y en el patio de la Casa de Contratación.

En la Aljafería de Zaragoza, se despliega una rica serie de complejas combinaciones de arcos entrelazados – se podría decir llevada a sus últimos límites –, que superan incluso los trazados ya de por sí complejos que aparecen en la *maqṣūra* (entre ellos los de la llamada capilla de Villaviciosa) de la Mezquita de Córdoba. El resultado es casi una premonición de la arquitectura gótica, cuyo nacimiento tendría que esperar todavía dos siglos. Se podría decir que la arquitectura taifa alcanza el punto culminante en lo que se refiere a la complejidad de su trazado geométrico, reduciéndose esta drásticamente en la arquitectura almohade, en la cual se utiliza de forma consciente el apuntamiento, conservando todavía la forma tradicional de herradura, aunque ya muy aligerada.

No se trata aquí de demostrar que la arquitectura andalusí pudiera haber servido de base a la arquitectura gótica, cuestión que escapa de los límites de esta comunicación, sino determinar cuáles pudieron ser las razones para que "alguien" utilizara profusamente el compás al diseñar las arquerías de la Aljafería. Como veremos a continuación, los complejos trazados de las arquerías de la Aljafería pueden relacionarse con el ambiente cultural y científico de la Zaragoza del siglo XI. En efecto, como demostró Jan P. Hogendijk (1995), tanto el rey taifa al-Mu'taman como su padre al-Mu'tamid fueron brillantes matemáticos. En concreto, el segundo es el autor del

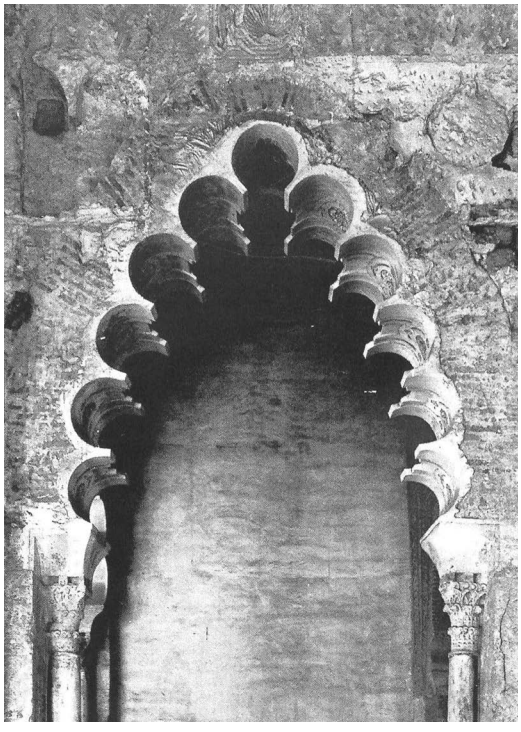


Figura 9
Fotografía de la parte sur del arco este que prolonga la arcada principal del pórtico norte (Ewert 1978)

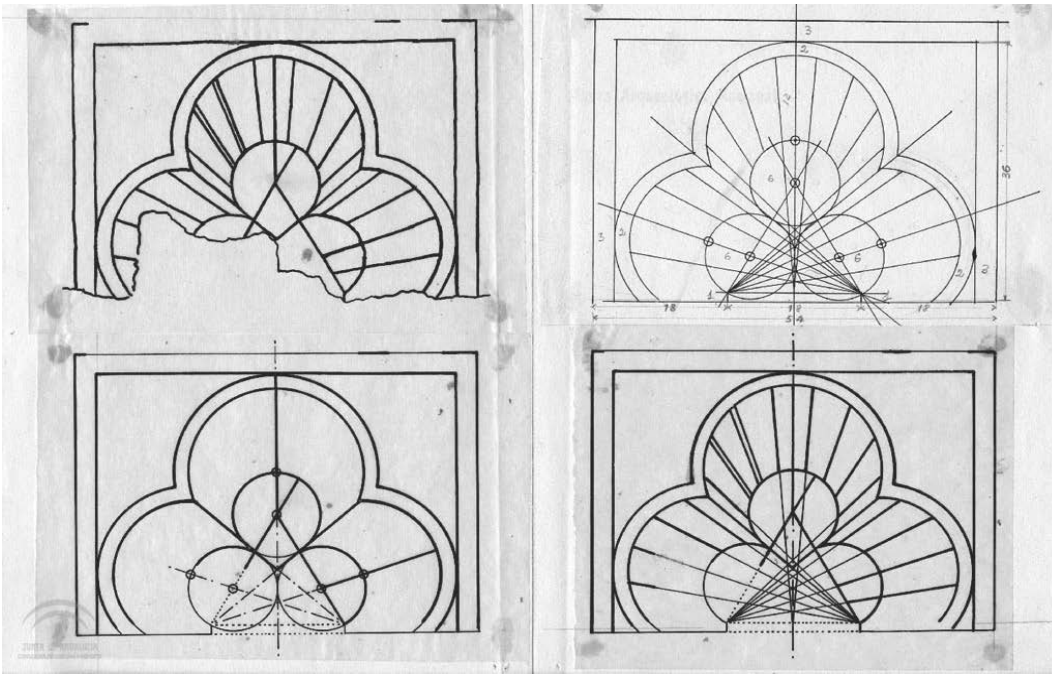


Figura 10
Traza de arco de lóbulos aparecida en el camino de ronda de Medina Azahara. Calco del original y estudios del trazado de sus centros, del trazado central y del dovelaje por Camps Cazorla, c. 1951 (Archivo del Patronato de la Alhambra y Generalife, colección de planos, P-008575

*Kitāb al-Istikmāl*, o "Libro de la perfección", una especie de manual o compendio de las obras conocidas en la época de Euclides, Arquímedes, Apolonio, etc. sobre números, geometría plana y estereometría, un tratado de puras matemáticas en el estilo de los autores griegos antiguos. Según Hogendijk (1995), el tratado matemático de al-Muta'man es una obra tan singular como para haber pretendido reemplazar dichas obras, un caso único en la tradición medieval en árabe. Este autor holandés identificó las fuentes disponibles en Zaragoza, que hicieron posible la redacción del tratado por al- Mu'taman, entre ellas de Euclides, Ptolomeo, Apollonius, Arquímedes, Teodosio, etc., incluyendo por ejemplo una obra de Apollonius, *Plane Loci*, hoy desaparecida. Basándose en errores del copista o de los copistas, Hogendijk (1995) demostró incluso la posibilidad de que Gerardo de Cremona pudiera haber utilizado el manuscrito de al-Mu'taman o una copia de este.

## Trazas de arcos de lóbulos y su posible relación con el trazado de arcos apuntados

Que sepamos, solo se conocen dos trazas de arcos hispanomusulmanes, precisamente arcos de lóbulos. Velázquez Bosco pudo documentar la traza de un arco de tres lóbulos, hoy desaparecida, en un muro del paseo de ronda de Medina Azahara. Como demostró Emilio Camps Cazorla (1953), los lóbulos del arco son tres círculos tangentes entre sí, es decir, los centros de dichos círculos son los vértices de un triángulo equilátero (figura 10). Las dovelas de los lóbulos inferiores estarían formadas por líneas que irradiarían de los vértices inferiores de un triángulo equilátero semejante al triángulo ya mencionado, que resulta de extender este hasta cortar los lóbulos inferiores; las dovelas del lóbulo superior estarían formadas por líneas que irradiarían del centro de la base de dicho triángulo. Si bien se emplea el triángulo equilátero, no hay en

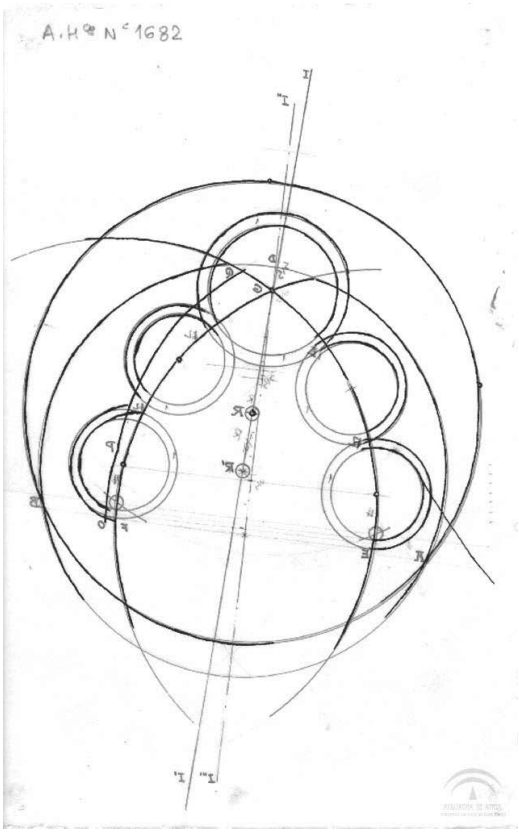



Figura 11
Trazado geométrico de arco de lóbulos grabado en el Arca Santa (Oviedo) por Camps Cazorla, c. 1952. (Archivo del Patronato de la Alhambra y Generalife, colección de planos, P-008598)

este trazado nada que apunte en el sentido de un arco apuntado.

El trazado encontrado en el camino de ronda de Medina Azahara puede relacionarse a su vez con el trazado inciso en la madera del Arca Santa, la cual se conserva en la Cámara Santa de la Catedral de Oviedo. La datación tradicional del Arca Santa hacia 1075, época del rey Alfonso VI, fue cuestionada por Julie A. Harris (1995), quien, basándose principalmente en el carácter románico relativamente maduro de las figuras que la recubren, la retrasó hasta principios del siglo XII. Este trazado de arco de lóbulos fue estudiado asimismo por Camps Cazorla (1953) (figura 11). Como en la Aljafería, parece claro que la persona que dibujó el trazado del Arca Santa pudo hacerlo utilizando casi exclusivamente un compás.

En el caso de la Aljafería o del Arca Santa, el trabajo con compás parece casi una premonición (o una demostración práctica anticipada) del teorema llamado de Mohr-Mascheroni, descubierto independientemente por el matemático danés Jørgen Mohr y el matemático italiano Lorenzo Mascheroni. Para referirme a esta cuestión, transcribiré a continuación algunos pasajes escritos por Alex Ozdemir, estudiante de doctorado de la Universidad de Stanford (Estados Unidos):

> This theorem (discovered and proved independently by Georg Mohr in 1672 and Lorenzo Macheroni in 1797) states that:
>
> Any point constructible by a straightedge and compass is constructible by a compass alone.
>
> The theorem's central statement is fascinating, but first it requires us to look at constructions in a new light. Often our constructions are intended to produce certain geometric objects: the circumcircle of a triangle, the perpendicular bisector of a segment, etc.
>
> However, Mohr-Mascheroni restricts the goal of constructions to the placement of points. This isn't as much of a restriction as one might think—all the lines, circles, and other geometric objects one might be interested in constructing are uniquely determined by a set of points (e.g. two distinct points determine a line), so constructing complex objects can be reduced to constructing the points which determine them[2].

Una traducción libre de estos pasajes resulta sumamente ilustrativa a la hora de interpretar el trazado de los arcos de la Aljafería o de la Mezquita de Córdoba. La afirmación central del teorema es fascinante, arrojando una nueva luz sobre determinadas construcciones geométricas: una circunferencia circunscrita a un triángulo, por ejemplo, o la bisectriz perpendicular de un segmento, etc. Sin embargo, según Mohr-Mascheroni, para trazar dichas construcciones, el problema se reduce a situar determinados puntos sobre el plano. Cualquier línea, círculo u otro objeto geométrico que haya que construir estará determinada únicamente por un conjunto de puntos (por ejemplo, dos puntos distintos determinan una línea), por lo que la construcción de los objetos más complejos que uno pueda imaginar se reduce a definir los puntos que determinan dichos objetos.

A la luz de estas observaciones, se explica claramente por qué quien dibujó el trazado de los arcos de

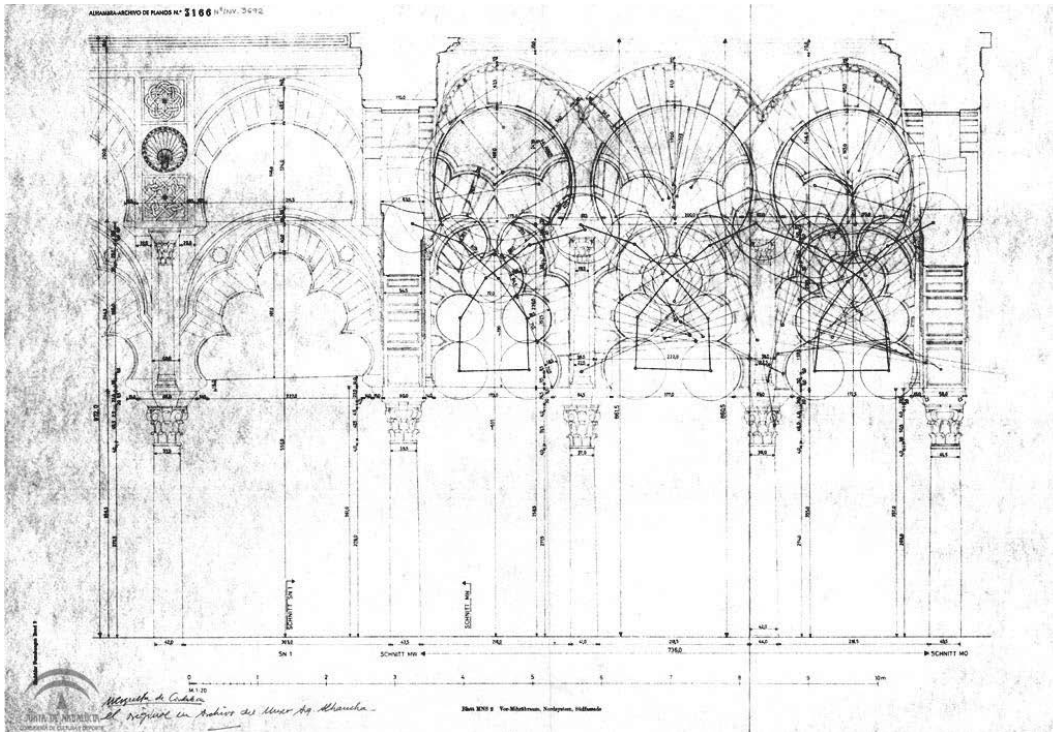


Figura 12
Alzado sur de los arcos del mihrab de la Mezquita de Córdoba según Christian Ewert (Archivo del Patronato de la Alhambra y Generalife, colección de planos, P-003692)

lóbulos del Arca Santa de Oviedo pudo hacerlo valiéndose casi exclusivamente de un compás, o de su sustituto natural en el caso de los arcos de la Aljafería o de la Mezquita de Córdoba, una cuerda.

A pesar de su complejidad, los constructores de los arcos de la Mezquita de Córdoba y de la Aljafería habrían trazado los arcos, o mejor dicho las arquerías, valiéndose únicamente de un compás o de una cuerda. Los dibujos de Camps Cazorla o Ewert reflejan fielmente el trazado de dichos arcos, pero no se ha explicado todavía cómo pudieron llevarse a cabo dichos trazados en la práctica (figura 12). Según esta hipótesis, el trazado de dichos arcos, por complejos que sean, habría sido posible gracias a la utilización de una cuerda, tanto en lo que se refiere a monteas para facilitar la labra de dovelas de piedra, en el caso de los arcos de la Mezquita de Córdoba, como de las yeserías que recubrían los arcos de la Aljafería. De hecho, los errores observados en el trazado geométrico de los arcos, tanto los apuntados de la Mezquita como los de lóbulos, pueden atribuirse, según esta hipótesis, a los errores propios de la puesta en obra; en los dibujos de Ewert se observa, en efecto, que las distancias entre los centros de los lóbulos son prácticamente constantes, no así los ángulos de los triángulos resultantes. En el caso del trazado del Arca Santa, dibujado (o grabado en la madera) casi en su totalidad con un compás; solo se utiliza la regla para dibujar el eje de simetría, la única línea, por cierto, que presenta un error y hubo de corregirse.

## La marca inequívoca del linaje arquitectónico cordobés

A finales del siglo VIII, los arcos de la Mezquita eran ya de dovelas alternas de piedra y ladrillo. Como ha afirmado Yoshihiko Ito (2012: 17), esta alternancia

cromática "blanco-rojo" «se convirtió inmediatamente en una marca inequívoca del linaje arquitectónico cordobés, difundido entre numerosas construcciones posteriores, a veces como un simple efecto visual».

Los arcos apuntados de la Mezquita de Córdoba pueden interpretarse como un intento de variar ese "linaje", tratando de adaptarse quizá a los cambios producidos en la arquitectura musulmana de Oriente, en el marco de unas nuevas relaciones con el imperio bizantino. Sin embargo, el arco de herradura, rasgo típicamente cordobés, se mantuvo a lo largo de toda la historia de la Mezquita; esto ocurre en época de al-Ḥakam II y por supuesto en la ampliación de Almanzor, cuando el motivo se reproduce ya sistemáticamente.

La presencia aislada de dos arcos apuntados en la Mezquita refleja un momento de duda, tanto en lo que se refiere al modelo formal como a cuestiones de estabilidad de la estructura. Es evidente que la transmisión de los empujes laterales es más favorable, por vertical, en el caso de un arco apuntado, mientras que en el arco de herradura sería más desfavorable. Una vez comprobada la estabilidad de las cúpulas de la *maqṣūra*, los constructores de la Mezquita habrían decidido continuar la línea de arcos transversales en el estilo propio de Córdoba, es decir, utilizando nuevamente el arco de herradura. Los dos arcos apuntados representan una especie de titubeo ante una encrucijada, adecuarse a las modas imperantes en Oriente o decantarse por la tradición cordobesa.

Solo la caída de Córdoba en 1031, tras la cual surgieron los reinos de taifas, pudo dar lugar al fruto complejo que encontramos en la Aljafería. Un siglo y medio después, coincidiendo con la ejecución de las primeras construcciones protogóticas en Aragón y Castilla, se desarrolló el modelo más simplificado (en lo que se refiere al modelo de arco) del arte almohade, definiendo un tipo claramente apuntado, es decir, formado por arcos de círculo cuyos centros están situados en los arranques, aunque manteniendo siempre la característica forma de herradura.

En Zaragoza, sin embargo, el modelo de arcos entrelazados, de lóbulos y apuntados pudo desarrollarse y ensayarse, permitiendo luces mayores y estructuras si cabe más atrevidas que las de Córdoba, de por sí ya radicalmente innovadoras. Las hipótesis desarrolladas en esta comunicación pueden servir quizá en el futuro para establecer cuáles fueron los mecanismos de transición, a través de al-Andalus y Sicilia, entre el arco hispanomusulmán y el arco gótico. En este sentido, la catedral de Amalfi o el claustro de San Juan de Duero podrían interpretarse como campos de experimentación que habrían contribuido de alguna manera al desarrollo de la arquitectura gótica.

## Notas

1. En la actualidad, el espacio público queda delimitado por una serie de rejas dispuestas bajo la línea de arcos transversales. En la fotografía del archivo Mas que Leopoldo Torres Balbás incluyó en su trabajo sobre el arte califa no aparecen esas rejas, de modo que el espacio público se extendía hasta el muro de la *quibla*.
2. Visto en https://cs.stanford.edu/~aozdemir/blog/construct-mohr-mascheroni/ el 3 de mayo de 2022. Conocí la existencia de este teorema gracias a un interesante comentario del Dr. Joachim Langhein, de Heidelberg (Alemania), visto el 1 de mayo de 2002 en https://www.emis.de/journals/NNJ/Query01-PointedArches.html.

## Lista de referencias


Abad Castro, Concepción, 2013. Nuevos datos acerca de la ampliación de al-Ḥakam II en la mezquita de Córdoba y algunas hipótesis sobre la zona de la *maqṣūra* de época emiral. *Anuario del Departamento de Historia y Teoría del Arte* 25: 9-21.

Aydin, N., L. Hammoudi y G. Bakbouk, 2020. *Al-Kāshī's Miftāḥ al-Ḥisab, Volume II: Geometry. Translation and Commentary*. Basilea: Birkhäuser.

Camps Cazorla, Emilio, 1953. *Módulo, proporciones y composición en la arquitectura califal cordobesa*. Madrid: CSIC.

Dold-Samplonius, Yvonne, 2003. Calculating surface areas and volumes in Islamic architecture. Pp 235-265 en Jan P. Hogendjk y Abdelhamid I. Sabra, *The enterprise of science in Islam: new perspectives*. Cambridge: MIT Press.

Ewert, Christian, 1978. *Spanisch-islamische Systeme sich kreuzender Bögen. III: Die Aljafería in Zaragoza, I (Madrider Forschungen 12, 1)*. Berlín.

Harris, Julie A., 1995. Redating the Arca Santa of Oviedo. *The Art Bulletin* 77(1): 82-93.

Hogendijk, Jan P., 1995. Al-Muʻtaman ibn Hūd, 11th Century King of Saragossa and brilliant mathematician. *Historia Mathematica* 22: 1-18.

Ito, Yoshihiko, 2012. Las bóvedas de ladrillo fingido en la iglesia de Santiago de Peñalba y los préstamos estéticos

de monumentos antiguos en el reino de León en el siglo x. *Anuario del Departamento de Historia y Teoría del Arte* 24: 9-26.

Memarian, Gh. H., M. Anwarul Islam y S. M. F. Mousavian, 2014. 15th century contribution to the sudy of vaulted structure in Iran based on Ghiayth-al Din Kashani's studies. *International Journal of Architectural Engineering & Urban Planning* 24(1): 1-8.

Momplet Míguez, Antonio, 2012. De la fusión a la difusión en el arte de la Cordoba califal: la ampliación de al-Hakam II en la mezquita aljama. *Anales de Historia del Arte* 22(II): 237-258.

Pavón Maldonado, Basilio, 1987. Estudios arqueológicos de los modillones de la Mezquita Mayor de Córdoba. *Sharq al-Andalus: Estudios mudéjares y moriscos* 4: 215-230.

Ruiz Cabrero, Gabriel, 2009. *Dibujos de la Catedral de Córdoba: visiones de la Mezquita*. Córdoba: Cabildo de la Catedral de Córdoba).

Shelby, Lon R., 1969. Setting out the keystones of pointed arches: A note on medieval "Baugeometrie". *Technology and Culture* 10(4): 537-548.

Torres Balbás, Leopoldo, 1957. Arte hispanomusulmán hasta la caída del Califato de Córdoba. Pp. 331-788 en Ramón Menéndez Pidal, *Historia de España. V. España musulmana hasta la caída del Califato de Córdoba (711-1031)*, Madrid, 1957.

# Sistemas constructivos en los pueblos del I.N.C. de la provincia de Badajoz: bóvedas tabicadas vs. forjados autárquicos

Esther Redondo Martínez
Francisco Javier Castilla Pascual

El INC (Instituto Nacional de Colonización) se crea en octubre de 1939 con el objetivo de reformar el medio agrosocial. Desde el punto de vista agrícola, supuso una importante transformación: el INC actuó, hasta su fin en 1971, sobre más de 1 millón de Ha (principalmente creando regadíos en las cuencas de los grandes ríos); se construyeron 264 nuevos pueblos, en los que se reasentaron unas 50.000 personas. Sin embargo, no supuso una verdadera reforma social ya que apenas consiguió redistribuir la propiedad de la tierra, que siguió en manos de los grandes propietarios (Monclús y Oyón, 1988)

Los proyectos de los pueblos son redactados, en general, por arquitectos que trabajaban para el INC (José Borobio, Manuel Rosado, Jesús Ayuso), aunque algunos autores son arquitectos externos muy conocidos, como Alejandro de la Sota o José Luis Fernández del Amo. La documentación relativa a los proyectos se conserva en un archivo, dependiente del Ministerio de Agricultura. Pueden consultarse planos y documentos (memoria, pliego de condiciones, presupuesto) así como comunicaciones entre los arquitectos autores y los técnicos de INC. Los poblados de colonización se construyen de forma sencilla, con materiales humildes y apegados a la zona, con el objeto de abaratar costes. El uso del acero se reduce a mínimos. En un primer estudio de los sistemas constructivos de los poblados en toda España, se observan aspectos comunes como las cimentaciones de hormigón pobre o los muros de ladrillo y tapial. Con respecto a las estructuras de forjados y cubiertas, encontramos algo más de variedad y evolución en el tiempo. Los tipos principales son viguetas de madera con entablado, forjados de cerámica y hormigón y bóvedas tabicadas de ladrillo. Para los edificios con luces mayores (iglesias, sobre todo) encontramos de nuevo bóvedas tabicadas, cerchas de hormigón (sistema Marsans) y, más adelante, cerchas de acero.

La comunicación pretende avanzar en la línea de investigación iniciada para el 7º Congreso Internacional de Historia de la Construcción (Lisboa, julio 2021), en la que se llevó a cabo un primer rastreo en el archivo del INC, estudiando las principales zonas de actuación y los métodos constructivos empleados, focalizándonos en el uso de bóvedas tabicadas. A partir de esta búsqueda exclusivamente documental, encontramos dos zonas principales en las que las bóvedas tabicadas se emplean de manera muy generalizada: la provincia de Badajoz y la vega del Guadalete, en Cádiz. Además, en la cuenca del Ebro aparecen en muchos pueblos, pero empleadas de forma más puntual (en la iglesia y en las arquerías de la plaza Mayor, principalmente)

En este segundo avance nos hemos centrado en los pueblos de la provincia de Badajoz, el grupo más numeroso en el que se emplean bóvedas tabicadas con frecuencia. Se ha estudiado una muestra representativa de los 39 pueblos existentes en Badajoz y se han visitado algunos de ellos para comprobar el grado de conservación de las viviendas y los sistemas constructivos originales. En 17 de ellos encontramos bóvedas tabicadas; bien con un uso generalizado o más

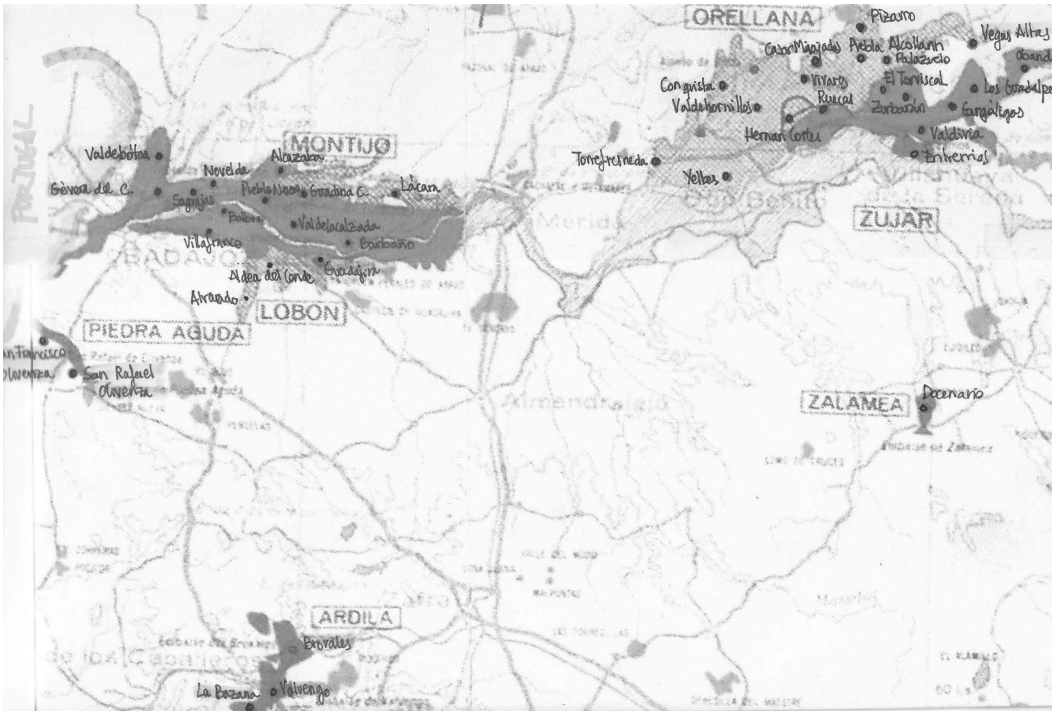



Figura 1
Mapa de la provincia de Badajoz, indicando las zonas regables y los pueblos contenidos en ellas. Se marcan con amarillo los que emplean bóvedas tabicadas de manera general (Elaboración de los autores sobre mapa contenido en Villanueva, 1988)

puntual, solo en edificios representativos. En los 22 restantes no hay bóvedas, construyéndose forjados y cubiertas con diversas patentes de forjados «autárquicos», de hormigón armado y piezas cerámicas.

## Sistemas constructivos empleados

La comunicación se centra en el estudio de los sistemas de estructura horizontal (forjados intermedios y cubiertas).

En los forjados intermedios, encontramos:

- sistemas de bóveda tabicada, de una o dos hojas, con los senos rellenos hasta alcanzar el nivel del pavimento de la planta superior. Es el más habitual (casi el único) en los primeros 10 años de construcciones del INC en la zona (1948-1958).
- sistemas de forjados de hormigón: viguetas prefabricadas, viguetas de hormigón in situ con encofrado cerámico (llamados forjados autárquicos) y algunas variaciones sobre estos dos tipos. Estos tipos se van haciendo más habituales a lo largo de la década de los 50, sustituyendo por completo a las bóvedas a partir de 1960
- no hemos estudiado ninguna referencia a forjados intermedios construidos con madera, aunque es probable que existan.[1]

En las cubiertas, hay más variedad, diferenciando entre los sistemas empleados para edificios de pequeña luz (básicamente viviendas) y los edificios de luces algo mayores (iglesias, centros sociales, cines)

- en viviendas encontramos cubiertas de madera (rollizos y tabla) o bóvedas tabicadas con tabiquillos por encima. Más adelante, con el mismo esquema temporal, empiezan a aparecer forjados de hormigón, en todas sus variaciones. A veces el forjado es plano y la cubierta se

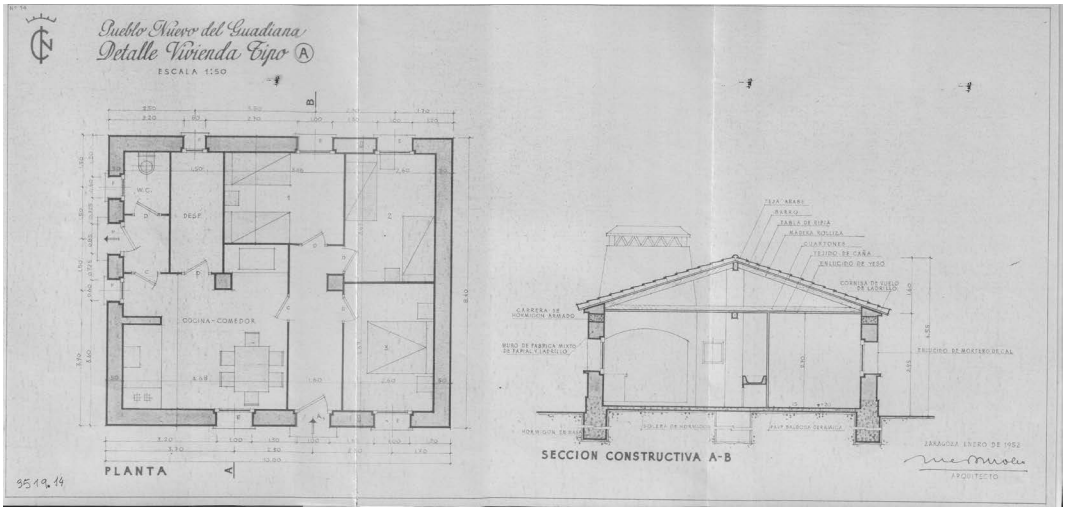



Figura 2
Planta y sección de vivienda tipo A, en Pueblonuevo del Guadiana (Planos. Archivo INC, carpeta 3519. 1952)

construye sobre tabiques palomeros y tablero de rasillas. Otras veces el forjado es inclinado y la teja apoya directamente sobre él. Estos mismos tipos estructurales los encontramos en algunos edificios de mayores luces (Ayuntamiento, fonda, tiendas) que interiormente están subdivididos en espacios pequeños.

– en edificios de mayor envergadura encontramos más tipos: arcos de ladrillo, vigas de hormigón in situ, cerchas de hormigón prefabricado y cerchas metálicas en la última época. Los sistemas usuales para luces pequeñas (bóvedas tabicadas, estructuras de madera, viguetas de hormigón) suelen aparecer aquí como segundo orden de estructura.

### Estructuras de madera

No es una solución muy habitual. Solo la hemos encontrado en las cubiertas de los pueblos más antiguos estudiados (Valdelacalzada y Guadiana del Caudillo,[2] ambos comenzados en 1948; Pueblonuevo del Guadiana, en 1952). En los años siguientes la solución va cayendo en desuso.[3]

### Rollizos de madera y tabla

En la figura 1 vemos una vivienda de una sola planta, con cubierta de madera. A la izquierda la planta y a la derecha una sección constructiva en la que se detallan las distintas capas de la cubierta (teja, barro, ripia, rollizos, cuartones, tejido de caña, yeso)

En la documentación escrita del mismo proyecto encontramos poca información acerca de cómo se construyen estas cubiertas: «Las cubiertas serán de teja curva sentada sobre entramado de rollizos y entablado de madera de pino» (Memoria, hoja nº4. Archivo INC, carpeta 3519. 1952); «En todos los casos se colocarán soleras durmientes para el apoyo de los cabios de las cubiertas sobre los muros» (Pliego de condiciones, hoja nº 8. Archivo INC, carpeta 3519. 1952)

En el proyecto del pueblo de Guadiana del Caudillo encontramos un detallado precio descompuesto de este tipo de cubierta, ver tabla 1.

### Bóvedas tabicadas

Es el sistema más usual en los pueblos estudiados desde 1948 hasta 1958. Las encontramos en cubiertas y forjados intermedios. En la memoria del pueblo

| Descripción de la partida y sus partes | | Pesetas |
|---|---|---|
| **M²** | **de cubierta de teja curva sobre cabios de pino ϕ15 cm diámetro y medio incluso tabla y clavazón** | **74,35** |
| 0,65 h | de oficial y dos peones a 14,27 pesetas/hora | 9,27 |
| 0,50 h | de carpintero y ayudante y aprendiz a 12,56 pesetas/hora | 6,27 |
| 30 ud | de tejas curvas 1º calidad a 0,48 pesetas/unidad | 14,40 |
| 3,5 ud | de tablas forro de 0,14-2,50-0,01 a 2,5 pesetas/unidad | 8,75 |
| 2,10 ml | de palo ϕmedio 15 cm a 15 pesetas/unidad | 31,50 |
| | Clavos | 2,00 |
| 3% | Elevación y medios auxiliares | 2,16 |

Tabla 1
Precio descompuesto de una partida de cubierta de teja sobre rollizos y entablado, en Guadiana del Caudillo (Presupuesto, cuadro nº 4, hoja nº6. Archivo INC, carpeta 2729. 1950)

de Balboa encontramos una justificación de este posible uso masivo de bóvedas tabicadas en la zona

> El sistema constructivo a emplear es por razones de economía el corriente en la región. En esta región se construyen con rara habilidad bóvedas de ladrillo llamado bovedero que tiene unas dimensiones algo mayores que el corriente y más apropiadas para el uso al que se le destina. Esto ha permitido la eliminación total de la madera en forjados y cubiertas con la consiguiente ventaja derivada de la supresión total en elementos resistentes de un material hoy de tan mala calidad (archivo INC, carpeta 5702. Memoria, hojas nº 5 y 6. 1955)

## Bóvedas tabicadas en cubiertas, con una hoja

La figura 3 describe la misma vivienda de la figura 2, en Pueblonuevo del Guadiana, con otro sistema de cubierta. Es un plano algo más descriptivo que otros, en el que se dibuja la única hoja de la bóveda, tabiques palomeros hasta alcanzar la pendiente de la cu-

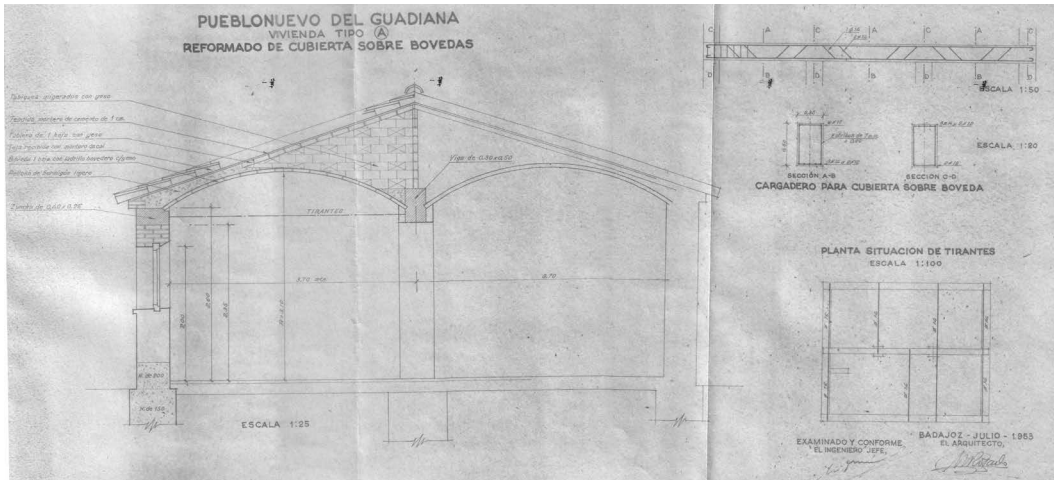



Figura 3
Planta de atirantamientos y sección de vivienda tipo A, en Pueblonuevo del Guadiana. Propuesta de sustitución de cubierta de madera por bóveda tabicada (Planos. Archivo INC, carpeta 4256. 1953)

bierta, tablero de rasilla y teja. A la derecha aparece una planta con los atirantamientos y el despiece de armado de los zunchos sobre los muros.

El plano no pertenece a la carpeta del proyecto original, es una propuesta de la empresa constructora, sustituyendo la cubierta de madera por otra de bóveda tabicada. Encuentra este sistema preferible por sus «ventajas indiscutibles de indeformabilidad y consistencia, comparándolo con la estructura de madera proyectada. La experiencia de otras obras ya ejecutadas, nos indica que los pares de cubierta con el tiempo sufren movimientos y exigen un mayor gasto en el sostenimiento y conservación de las viviendas» (Memoria, hoja nº 1. Archivo INC, carpeta 4256).

En la memoria presentada por la empresa se describe con detalle el modo de construir estas cubiertas

> (…) sistema de bóvedas tabicadas de una sola hoja de ladrillo, absorbiendo los empujes mediante zunchos perimetrales de hormigón ligeramente armado y tirantes de hierro redondo. Los senos de estas bóvedas se rellenarán en parte de hormigón ligero, sobre todo ello tabiquillos de sustentación colocados a 50 cm y cubiertas formadas por un tablero de ladrillo recibido con mortero de yeso, una capa sobre el mismo de mortero de cemento de 1 cm de espesor y la teja curva recibida con mortero pobre de cal.
>
> (…) Los zunchos proyectados en el arranque de las bóvedas, se han calculado como vigas continuas, sometidas al empuje horizontal de las mismas. Los puntos de apoyo serán los de situación de los tirantes, obteniendo la armadura que se indica en los planos
>
> (archivo INC, carpeta 4256. Memoria, hojas nº 1 y 2)

No se aporta presupuesto detallado de esta intervención. En otros proyectos sí aparecen precios descompuestos de partidas similares, como el de la tabla 2, perteneciente al pueblo de Balboa, proyectado en 1955, ver tabla 2.

En 1961 se sustituyen las cubiertas de madera de Valdelacalzada y Guadiana del Caudillo (pueblos muy similares a Pueblonuevo del Guadiana, por cercanía y año de construcción) por un nuevo sistema de forjado plano, con viguetas y bovedillas de hormigón con tabique palomero por encima. La razón fue el mal estado de la cubierta: «el mal comportamiento de la madera, debido a las importantes diferencias de grado de humedad atmosférico en esta región, son una muestra, ya recogida por el Instituto en posteriores realizaciones, que justifica la sustitución proyectada» (archivo INC, carpeta 12319. Memoria, hoja nº 1). No se sustituyen en Pueblonuevo del Guadiana, así que parece refrendar la opinión de la constructora acerca de un mejor comportamiento en la zona de las bóvedas de ladrillo que de la madera.

| Descripción de la partida y sus partes | | Pesetas |
|---|---|---|
| **M²** | **de bóveda de una hoja, incluso transcargado de hormigón, tabiquillos aligerados, atirantados para cubierta** | **147,30** |
| 52 ud | ladrillos bovederos a 0,31 pesetas/unidad | 16,12 |
| 0,050 m³ | de yeso amasado a 263,37 pesetas/m³ | 13,16 |
| 0,1 m³ | de agua a 16 pts/m³ | 1,60 |
| | SUMA PARCIAL | 30,88 |
| 15% | de aumento por pérdidas y curvaturas | 4,63 |
| 3,15 h | de oficial y ayudante con su parte proporcional de capataz a 20,63 pesetas/hora | 64,98 |
| 1,5 kg | de redondos en tirantes a 8,20 pesetas/kg | 12,30 |
| 0,082 m³ | de relleno de hormigón de 150 kg. a 206,55 pesetas/m³ | 16,93 |
| 0,52 m² | de tabiques aligerados a 20,33 pesetas/m² | 10,53 |
| 5% | Elevación y medios auxiliares | 7,01 |

Tabla 2
Precio descompuesto de bóveda tabicada de una hoja, en una cubierta del pueblo de Balboa (Presupuesto, cuadro nº 4, hoja nº13. Archivo INC, carpeta 5702. 1955)

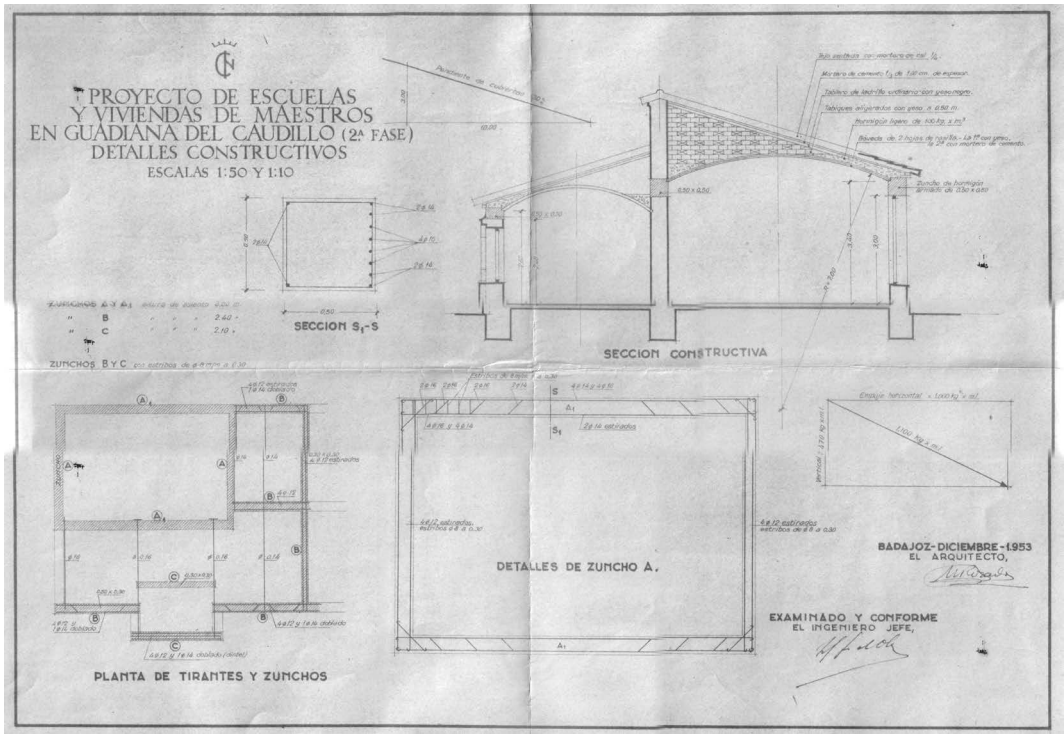



Figura 4
Escuelas y viviendas de maestros en Guadiana del Caudillo, 2º fase. (Planos. Archivo INC, carpeta 4558. 1954)

**Bóvedas tabicadas en cubiertas, con dos hojas**

Es un sistema constructivo muy similar al descrito en el apartado anterior, solo cambia el número de hojas de la bóveda. La figura 4 es el plano que describe las cubiertas de las escuelas de Guadiana del Caudillo.[4] Aporta mucha información: sección constructiva, planta de tirantes y zunchos, despiece del armado del zuncho que absorbe los empujes horizontales de la bóveda, incluso un sencillo cálculo del empuje total.

En memoria y pliego de condiciones encontramos una buena descripción de como se construye la cubierta.

> Las cubiertas se proyectan igualmente sobre bóvedas tabicadas con tabiques aligerados cada 50 cm, tablero de enrase de ladrillo con mortero de yeso, capa de mortero de cemento y teja curva recibida con mortero de cal. Los senos de las bóvedas se rellenarán con hormigón ligero
>
> (Memoria, hoja nº 2. Archivo INC, carpeta 4558. 1954)

> Las cubiertas serán ejecutadas sobre bóvedas tabicadas de ladrillo bovedero con mortero de yeso; sobre la bóveda en los ángulos de encuentre con los muros irán rellenos con hormigón de escoria de 100 kg. de cemento por m3; sobre la bóveda se colocarán tabiques de yeso aligerados de ladrillos con mortero de yeso, separados 50 cm entre ejes. Estos tabiques se coronarán según la pendiente de la cubierta, sobre los mismos irán un tabique de ladrillo ordinario tomado con mortero de yeso y al exterior una capa de mortero de cemento de 1 cm. de espesor, sobre todo ello se colocará la tea curva sentada con mortero pobre de cal
>
> (Pliego de condiciones, hoja sin numerar. Archivo INC, carpeta 4558. 1954)

En la documentación relativa al pueblo de Novelda del Guadiana encontramos un sistema de construcción similar, con una buena descripción en el presupuesto, ver tabla 3.

| Descripción de la partida y sus partes | | Pesetas |
|---|---|---|
| **M²** | **de bóveda de dos hojas de rasilla incluso tabiquillos** | **130,00** |
| 3 h | de oficial y peón con su parte de encargado a 12,07 pesetas/hora | 36,21 |
| 100 ud | de rasillas huecas a 0,32 pesetas/unidad | 32 |
| 0,040 m³ | de yeso amasado a 335,83 pesetas/m³ | 13,43 |
| 32 ud | de ladrillo hueco sencillo a 0,44 pesetas/unidad | 14,08 |
| 0,035 m³ | de mortero de cemento 1:3 a 390,81 pesetas/m³ | 13,68 |
| 0,07 m³ | de agua a 5 pesetas/m³ | 0,35 |
| 15% | de aumento por pérdidas y curvaturas | 4,57 |
| 5% | Elevación y medios auxiliares | 3,79 |

Tabla 3
Precio descompuesto de bóveda tabicada de dos hojas, en cubierta. Novelda del Guadiana (Presupuesto, cuadro nº4, hoja nº7. Archivo INC, carpeta 6729. 1956). Esta partida no incluye los atirantamientos, como sí lo hace la de la tabla 2

## Bóvedas tabicadas en forjados, con una hoja

Los forjados se construyen con bóvedas de una o dos hojas de ladrillo. Hasta alcanzar el nivel del forjado por encima, se rellenan: con hormigón aligerado el tercio inferior y con tierra el resto. Usualmente se indica que la tierra para los rellenos sea la misma que la empleada en los tapiales de los muros.

En la memoria y en el pliego de condiciones se describen los materiales y la manera de ejecutar la bóveda

> El forjado de piso será de bóveda tabicada de la localidad, enjutada en su tercio inferior con hormigón, rellenando después con tierra hasta recibir el embaldosado
> (Memoria, hoja nº4. Archivo INC, carpeta 3519. 1952)

> Las bóvedas (…) se construirán a la manera regional, de una sola hoja de ladrillo bovedero, tomado con mortero de yeso, colocando una vez cerradas, los refuerzos necesarios en arcos formeros o diagonales tomados con mortero de yeso
>
> Se ejecutarán por arista siempre que las distribuciones de plantas a cubrir lo permitan, con directrices de arcos de círculo, nunca se emplearán arcos de varios centros en los trazados.
>
> Los arranques se ejecutarán con fábrica de ladrillo maciza volada sobre los paramentos, y los rellenos de senos se realizarán con hormigón ligero hasta el tercio de la flecha, desde esta altura hasta el enrase se rellenarán con tierra del mismo tipo de la del tapial.
>
> A pesar del empleo de zunchos armados, en algunos casos será preciso atirantar con hierro ϕ de 14mm como mínimo
>
> (Pliego de condiciones, hojas nº 7 y 8. Archivo INC, carpeta 3519. 1952)

Y de nuevo los precios descompuestos aportan mucha información. En la tabla 4 vemos la descripción completa de la partida de m² de bóveda tabicada en forjados, que incluye el macizado de los senos con hormigón y tierra y la parte proporcional de atirantamientos.

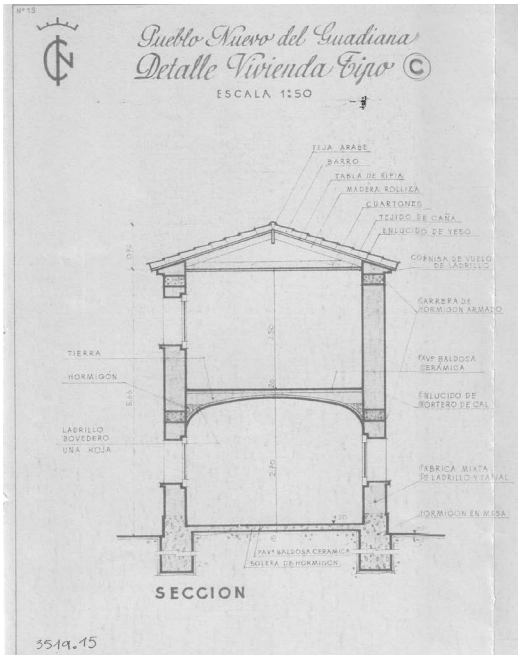



Figura 5
Planta y sección de vivienda tipo C, en Pueblonuevo del Guadiana (archivo INC, carpeta 3519)

| Descripción de la partida y sus partes | | Pesetas |
|---|---|---|
| **M²** | **de bóveda fabricada de 1 hoja de ladrillo bovedero, incluso relleno y atirantado** | **77,62** |
| 48 ud | ladrillos bovederos (de 0,21x0,10x0,055) a 290 pesetas/millar | 13,92 |
| 0,015 m³ | de yeso común amasado a 311,77 pesetas/m³ | 4,67 |
| 0,01 m³ | de agua a 15 pts/m³ | 0,15 |
| | SUMA PARCIAL | 18,64 |
| 15% | de aumento por pérdidas | 0,26 |
| 1,5 h | de oficial y peón con su parte de encargado a 11,72 pesetas/hora | 17,58 |
| | MACIZADO DE SENOS | |
| 0,10 m³ | de relleno de hormigón de 200 kg. a 216,66 pesetas/m³ | 21,66 |
| 0,15 m³ | de relleno de tierras en nivelación de piso, a 13,03 pesetas/m³ | 1,95 |
| | ATIRANTADO | |
| 2 kg | de redondos en ϕ14 100/00 y pletinas de anclaje, a 7,50 pesetas/kg | 15 |
| 3% | Elevación y medios auxiliares | 2,25 |

Tabla 4
Precio descompuesto de la unidad de obra m² de bóveda tabicada, incluyendo macizado y atirantamientos, en Pueblonuevo del Guadiana (Presupuesto, cuadro nº 4, hoja nº 6. Archivo INC, carpeta 3519. 1952)

**Bóvedas tabicadas en forjados, con 2 hojas**

No hemos encontrado un plano de detalle sobre un forjado de pisos construido con bóveda tabicada de dos hojas. Pero sí numerosos precios descompuestos en los presupuestos, ver tabla 5.

**Bóvedas tabicadas para escaleras**

Las escaleras se construyen siempre con bóveda tabicada, incluso en los edificios en los que el resto de la estructura es de hormigón o de madera. En general son de 2 hojas. No hemos encontrado ninguna construida con 1 sola hoja y sí algunas de 3 hojas.

La figura 6 y la tabla 6 se refieren a una escalera construida con bóveda tabicada. El plano apenas aporta información, el precio descompuesto algo más. En el podemos ver que la primera hoja se recibe con mortero de yeso y la segunda con mortero de cemento. Todas las descripciones son muy similares, en general la partida incluye el peldañeado también de ladrillo.

| Descripción de la partida y sus partes | | Pesetas |
|---|---|---|
| **M²** | **de bóveda dos hojas incluso macizado de senos, enrase de tierras atirantado con ϕ14mm para forjado viviendas** | **78,64** |
| 0,025 m3 | de mortero de cemento 1/3 a 297,05 pesetas/m3 | 7,42 |
| 70 ud | rasillas a 320 pesetas/millar | 22,40 |
| 0,015 m3 | de yeso amasado a 306,94 pesetas/m3 | 4,60 |
| 2,5 h | de oficial y peón a 10,22 pesetas/hora | 25,55 |
| | Relleno de senos con hormigón ligero y de tierras hasta enrase PA | 2,40 |
| 2 kg | de hierro ϕ14 incluso parte proporcional de elementos de anclaje a 7,00 pesetas/kg | 14 |
| 5% | Elevación y medios auxiliares | 2,28 |

Tabla 5
Precio descompuesto de la unidad de obra m² de bóveda tabicada de dos hojas, incluyendo macizado y atirantamientos, en Guadiana del Caudillo (Presupuesto, cuadro nº 4. Hoja nº Archivo INC, carpeta 2729. Cuadro nº 4 de presupuesto, hoja nº 4)

| Descripción de la partida y sus partes | | Pesetas |
|---|---|---|
| **M²** | **de bóveda de dos hojas para escalera, incluso peldañeado y mamperlán de madera** | **98,64** |
| 100 ud | Ladrillos ordinarios a 310 pesetas/millar | 31,00 |
| 3,20 h | de oficial y peón con su parte de capataz a 14,11 pesetas/hora | 45,15 |
| 0,030 m³ | de yeso común amasado a 263,37 pesetas/m³ | 5,26 |
| 0,035 m³ | de mortero de cemento 1:3 a 391,93 pesetas/m³ | 13,71 |
| 0,060 m³ | de agua a 16 pesetas/m³ | 0,96 |
| 5% | Elevación y medios auxiliares | 2.87 |

Tabla 6
Precio descompuesto de la unidad de obra m² de escalera con bóveda tabicada en el pueblo de Balboa (Presupuesto, cuadro nº 4, hoja nº 12. Archivo INC, carpeta 5702. 1955)

## Forjados de hormigón y piezas cerámicas

La presencia de forjados cerámicos es bastante escasa entre los años 1950 y 1957. A partir de esta fecha aparecen con mucha más frecuencia, conviviendo con la solución de bóvedas tabicadas, que dejan de aparecer a partir de 1960. Los forjados aparecen cuantificados en todos los casos por m² y en su descripción podemos encontrar dos tipos principales:

— Los de vigueta armada conformada con piezas cerámicas tipo «Ceramex» o similar para luces de hasta 4m.
— Los de vigas de hormigón o viguetas prefabricadas.

En algunos casos aparecen ambos tipos en un mismo proyecto, variando en función del uso del edificio.

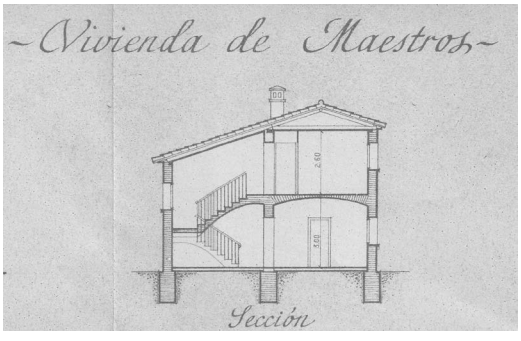



Figura 6
Sección por la escalera. Vivienda de maestros en Guadiana del Caudillo (Planos. Archivo INC, carpeta 2729. 1950)

### Forjados con piezas cerámicas (forjados autárquicos)

En el caso de los pisos de piezas cerámicas, el número de piezas utilizadas oscila entre 28 y 30 y el mortero suele ser cemento 1:3. Esta solución en los primeros años del periodo estudiado se describe como «forjado autárquico» en varias ocasiones y parece que es la habitual frente a la de forjados de viguetas prefabricadas, cuya primera referencia se encuentra tres años después. La tabla 7 representa el precio descompuesto de un forjado de este tipo

### Forjados con vigueta prefabricada

En el caso de los forjados de viguetas prefabricadas, en algunos casos la vigueta se describe como «tipo Castilla». El entrevigado puede ser de «bovedilla» o «revoltón», para lo que se utilizan rasillas (sin determinar dimensiones) y mortero de cemento 1:3 o mortero de yeso y mortero de cemento 1: 6. El número de piezas oscila entre 64 y 68, para conformar el entrevigado, sin quedar claro el intereje.

### Otros

Existe una tercera solución denominada «forjado de piso de hormigón aligerado con ladrillo cerámico hueco» o «aligerado con piezas cerámicas» aunque el presupuesto descompuesto no incluye los elementos cerámicos. Esta solución parece más tardía que las anteriores. Tanto en el primer caso (forjado «Cera-

| Descripción de la partida y sus partes | | Pesetas |
|---|---|---|
| **M²** | **de forjado autárquico** | **110,22** |
| 0,30 h | de oficial y ayudante a 13,41 pesetas/hora | 4,02 |
| 2 h | de peón a 5,28 pesetas/hora | 10,56 |
| 0,15 h | de encofrador y ayudante a 13,41 pesetas/hora | 2 |
| 0,2 h | de ferrallista a 7,47 pesetas/hora | 1,49 |
| 0,070 $m^3$ | de hormigón a 291,01 pesetas/$m^3$ | 20,39 |
| 0,0080 $m^3$ | de madera a 1500 pesetas/$m^3$ | 12 |
| 5 kg | de hierro a 5,50 pesetas/kg | 27,50 |
| 29 ud | de piezas cerámicas a 1,00 peseta/unidad | 29,00 |

Tabla 7
Precio descompuesto de la unidad de obra m2 de forjado autárquico en La Bazana (Presupuesto, cuadro nº 4, hoja nº5 Archivo INC, carpeta 4736. 1954)

mex») como en este último se incluyen la parte proporcional de encofrado de madera a diferencia de los de vigueta prefabricada.

Tan sólo a partir del año 1964 se encuentran forjados de vigueta con «bovedillas de hormigón» (la partida incluye 5 unidades por $m^2$), lo que indica que la distancia entre viguetas se ha aumentado. Ya en 1972 se encuentran descripciones de forjados «de bovedilla cerámica, separación 0,70m entre ejes»

El precio por $m^2$ de los forjados de luces de 4m oscila entre 130 y 170 pts en estos años, sin poderse establecer una relación concreta entre el coste y el tipo, pues en muchos casos no se especifican las luces a cubrir y no ha sido posible contrastarlo con la documentación gráfica. En la figura 7 se reproduce una planta, con la posición de las viguetas y una sección de uno de estos forjados. No hemos encontrado nada más constructivo (detalles, descripción de capas) como en el caso de las bóvedas tabicadas.

## Sistemas de cubierta en iglesias y otros edificios de mayor luz

El único edificio necesitado de una luz algo mayor en los primeros desarrollos de pueblos es la iglesia, que suele construirse a la vez (o un poco después) que las primeras viviendas. En sucesivas ampliaciones, ya entre 1960-70, se construyen otros equipamientos comunes como edificios sociales o instalaciones deportivas, que también requieren un gran espacio libre

Como es difícil sistematizar los tipos, se describen algunos ejemplos interesantes que cubren distintos tipos estructurales para la cubierta

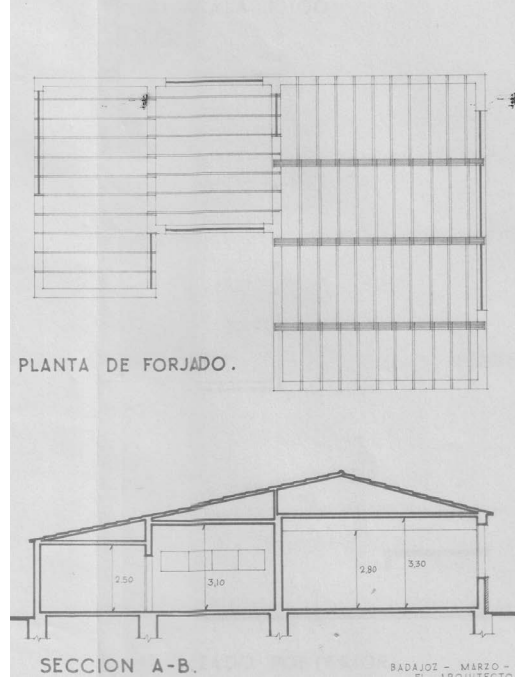



Figura 7
Planta y sección de forjado en edificio para Acción Católica, en Pueblonuevo del Guadiana (Planos. Archivo INC, carpeta 15415. 1967)

| Descripción de la partida y sus partes | | Pesetas |
|---|---|---|
| **M²** | **de forjado de piso con viguetas de hormigón prefabricadas y bovedillas** | **132,51** |
| 1,5 h | de oficial y peón a 21,04 pesetas/hora | 31,56 |
| 64 ud | Rasilla a 0,41 pesetad/ud | 13,53 |
| 0,050 m³ | de mortero de cemento 1:3 a 461,60 pesetas/m³ | 2,31 |
| 1,25 ml | de viguetas tipo Castilla a 65 pesetas/ml | 81,25 |
| 3% | Medios auxiliares | 3,86 |

Tabla 8
Precio descompuesto de la unidad de obra m2 de forjado con viguetas prefabricadas en Valuengo (Presupuesto, cuadro nº 4. Hoja nº Archivo INC, carpeta 8735. 1958)

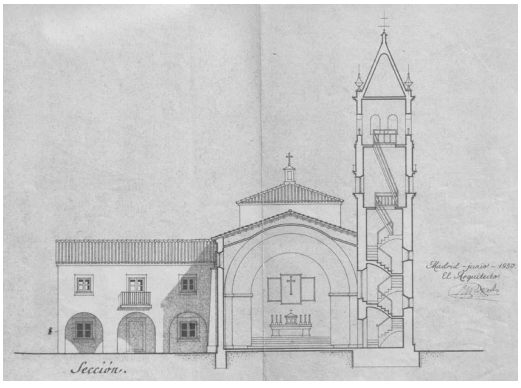



Figura 8
Sección transversal de la iglesia de Guadiana del Caudillo (Planos. Archivo INC, carpeta 2729. 1950)

## Iglesia de Guadiana del Caudillo. 1950

La estructura principal son arcos de ladrillo que por su cara superior siguen la pendiente de la cubierta, a la manera de los arcos diafragma del gótico catalán. Sobre ellos, por arriba, apoyan rollizos de madera que sirven de soporte a la cubierta de teja. Y por abajo, el techo se completa con una bóveda tabicada de doble hoja, ver figura 8. El plano aporta poca información constructiva o geométrica.

Los precios descompuestos del presupuesto aportan más información. Se detalla, en la tabla 9, la de la estructura principal de arcos de ladrillo.

La cubierta por encima es de teja sobre estructura de madera, que se describe de manera muy similar a la de la tabla 1. En cuanto a la bóveda tabicada inferior, no se encuentra una descripción precisa, más allá de indicar que es de dos hojas de rasilla. En los precios descompuestos del proyecto sólo se describen las bóvedas de dos hojas de las viviendas, con relleno hasta alcanzar el pavimento de la planta superior, similar a los descritos en la tabla 5. Es de suponer que aquí serán diferentes (no parece que haya tanto relleno ni que estén atirantadas) pero no hemos encontrado una partida similar, ni en este proyecto ni en otro con un sistema de construcción parecido.

| Descripción de la partida y sus partes | | Pesetas |
|---|---|---|
| **M³** | **de fábrica de ladrillo en arcos de gran luz con mortero de cemento** | **511,53** |
| 584 ud | Ladrillos a 280 pesetas/millar | 31,00 |
| 0,35 m³ | de mortero de cemento 1:3 a 297,05 pesetas/m³ | 103,96 |
| 0,10 m³ | de agua a 10 pesetas/m³ | 1 |
| 15 h | de oficial y 2 peones a 14,27 pesetas/hora | 214,05 |
| | Elevación, cimbras y medios auxiliares | 30 |

Tabla 9
Precio descompuesto de la unidad de obra m³ de arco de ladrillo (Archivo INC, carpeta 2729. Cuadro nº 4 de presupuesto, hoja nº 3)

## Iglesia de Pueblonuevo del Guadiana. 1952

En este caso, en lugar de arcos, la estructura principal son cerchas de hormigón atirantadas (tipo «Marsá» que dan la forma a la cubierta con su cordón superior. Por debajo, de nuevo, encontramos una bóveda tabicada que en este caso no parece tener relación estructural con la cercha, ver figura 9.

En el presupuesto encontramos la descripción de la cubierta, con la cercha de hormigón, tablero de rasilla recibido con yeso, capa de hormigón y teja árabe, ver tabla 10. No hay nada específico de la bóveda tabicada que va por debajo. Como en el apartado anterior (iglesia de Guadiana del Caudillo) sólo se describen con detalle las bóvedas tabicadas de los forjados intermedios de las viviendas (similares a las de la tabla 4)

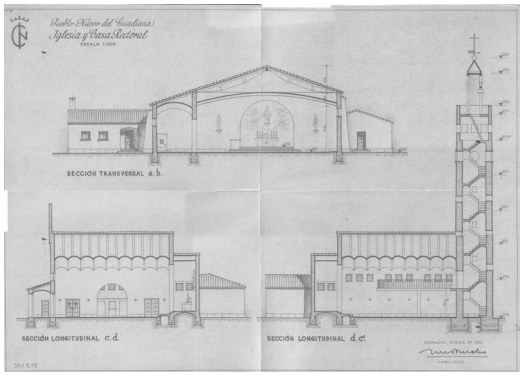



Figura 9
Secciones de la iglesia de Pueblonuevo del Guadiana (Planos. Archivo INC, carpeta 3519. 1952)

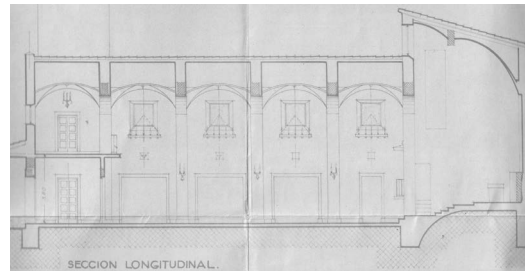



Figura 10
Sección longitudinal de la iglesia de La Alcazaba (Planos. Archivo INC, carpeta 6758. 1956)

## Iglesia de La Alcazaba. 1956

La estructura principal en este caso son vigas de hormigón armado. Cubren una luz de 11,80 metros, con un tamaño de 50x90 cm; el mortero tiene 350 kg de cemento y la cuantía son 90 kg de hierro). Sobre las vigas

| Descripción de la partida y sus partes | | Pesetas |
|---|---|---|
| **M²** | **de cubierta de teja curva sobre tablero de rasilla y cerchas de hormigón armado prefabricado** | **172,49** |
| 1 m² | de elementos prefabricados de hormigón armado incluso tirantes de hierro | 110 |
| 32 ud | rasillas a 290 pesetas/millar | 9,28 |
| 0,65 h | de oficial y peón a 11,72 pesetas/hora | 7,62 |
| 0,01 m³ | de yeso común amasado a 311,77 pesetas/m³ | 3,12 |
| 0,02 m³ | de agua a 15 pesetas/m³ | 0,30 |
| 0,10 m³ | de hormigón de 150 kg a 176,08 pesetas/m³ | 8,80 |
| 0,5 h | de peón con su parte de capataz en extendido y apisonado a 4,34 pesetas/hora | 2,17 |
| 30 ud | de tejas curvas a 510 pesetas/millar | 15,30 |
| 0,65 h | de oficial y dos peones con su parte de encargado a 16,73 pesetas/hora | 10,88 |
| 3% | medios auxiliares | 5,02 |

Tabla 10
Precio descompuesto de la unidad de obra m² cubierta en la iglesia de Pueblonuevo del Guadiana (Presupuesto, cuadro nº4, hoja sin numerar. Archivo INC, carpeta 3519. 1952)

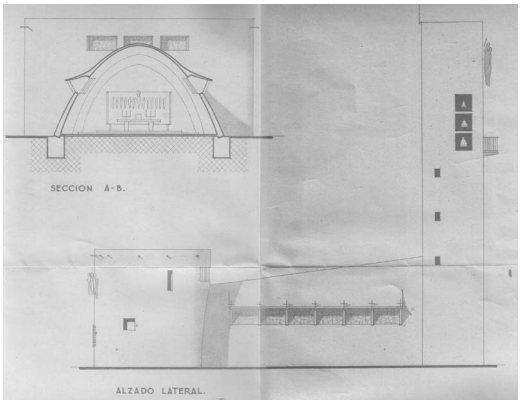



Figura 11
Sección transversal y alzado lateral de la iglesia proyectada para el pueblo de Valdebótoa (Planos. Archivo INC, carpeta 7451. 1956)

apoya una losa de hormigón, de 20 cm de espesor para soportar las tejas, ver figura 10. Por debajo, aparecen bóvedas tabicadas de dos hojas de rasilla, descritas en el presupuesto de manera similar a las de la tabla 3.

## Iglesia de Valdebótoa. 1956

Este es un caso diferente. Se proyecta una iglesia con un lenguaje muy moderno, a construir con una bóveda tabicada parabólica que arranca desde el suelo, formando cerramientos y cubierta, ver figura 11. Curiosamente, en el resto de edificios de este pueblo los forjados no se construyen con bóveda si no con un sistema de forjado autarquico, plano o inclinado, similar al descrito en la tabla 7.

La descripción de la bóveda es diferente a otras, ya que la hoja superior funciona como acabado exterior sin otro revestimiento, de teja o similar, ver tabla 11.

En la carpeta relativa al proyecto del pueblo, se conserva también un informe del Servicio de Arquitectura del INC, en el que se ponen bastantes pegas al proyecto de la iglesia

Estimamos excesivamente rebuscada la Iglesia, lo que hace presente ostensibles fallos en la composición de las fachadas y en su distribución interior

> (…) Creemos que debe de estudiarse nuevamente todo este conjunto, buscando soluciones más tranquilas y aunque se permita al autor del Proyecto la nave en forma parabólica, sin embargo, los otros elementos que hemos mencionado deben componer con la misma, rehuyendo soluciones forzadas
>
> (Archivo INC, carpeta 7451. Informe del servicio de Arquitectura, hoja nº2v. 1957)

Finalmente, la iglesia se construyó de forma mucho más convencional de la proyectada, ni siquiera se mantuvo la bóveda parabólica, ver figura 12

| Descripción de la partida y sus partes | | Pesetas |
|---|---|---|
| **M²** | **de bóveda formada por doble tablero de rasilla, el primero sentado con yeso y el segundo con mortero de cemento, hormigón armado con 15 cm de grueso, dos velos de vidrio y enfoscado con emulsión hidrófuga** | **461,55** |
| 68 ud | Rasilla hueca sencilla a 0,48 pesetas/ud | 32,64 |
| 0,01 m³ | de mortero de yeso a 393,01 pesetas/m³ | 3,93 |
| 0,045 m³ | de mortero de cemento a 291,73,01 pesetas/m³ | 13,13 |
| 0,03 m³ | de agua a 10 pesetas/m³ | 0,3 |
| 1,80 h | de oficial y peón con su parte proporcional de encargado a 21,61 pesetas/hora | 38,90 |
| 0,15 m³ | de hormigón armado con 90 kg de hierro a 1893,05 pesetas/m³ | 283,96 |
| 2 m² | de velo de vidrio a 27,50 pesetas/ m² | 55,00 |
| 1 m² | de enfoscado de cemento | 17,85 |
| | Impermeabilizante de mortero | 2,40 |
| 3% | medios auxiliares | 13,44 |

Tabla 11
Precio descompuesto de la unidad de obra m² de bóveda en iglesia de Valdebótoa (Presupuesto, cuadro nº4, 17. Archivo INC, carpeta 7451. 1956)

Figura 12
Imágenes actuales (exterior a la izquierda; interior a la derecha) de la iglesia de Valdebótoa (fotografías de los autores, febrero de 2022)

## Cubiertas de cerchas sin bóvedas

En los edificios que requieren un espacio diáfano pero que no son iglesias, se emplean los mismos sistemas de cerchas de hormigón, incluso metálicas en agunos casos, pero con un falso techo sencillo por debajo. Otras veces, en dependencias auxiliares (almacenes, etc) se dejan vistas.

Las figuras 13 y 14 muestran planos de esos sistemas constructivos. Revisando la documentación escrita, vemos que se prescriben en los proyectos de forma indistinta: en las mediciones del proyecto del edificio social en Vivares (figura 14) aparece una partida que prescribe indistintamente esto o una cercha de hormigón: «m2 de cubierta formada a base de armadura metálica o formas Marsá y doble tablero de rasilla enlucido de cemento» (Presupuesto parcial cine, hoja nº2. Archivo INC, carpeta 11333.).

En el presupuesto del centro social del pueblo de Palazuelo encontramos algo más de detalle para una de estas cubiertas, ver tabla 12.

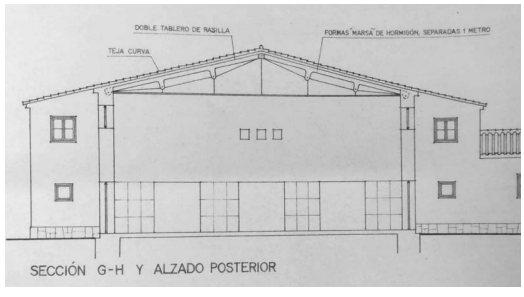



Figura 13
Sección transversal del centro social en Ruecas (Planos. Archivo INC, carpeta 10249. 1960)

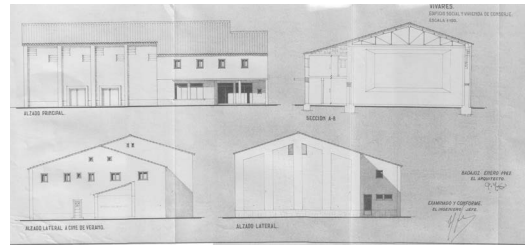



Figura 14
Alzados y sección transversal del cine edificio social en Vivares (Planos. Archivo INC, carpeta 11333. 1962)

## Conclusiones

Finalmente, como análisis comparativo de coexistencia de las distintas soluciones constructivas, se adjunta un gráfico-resumen que muestra el patrón de evolución temporal expuesto en los apartados anteriores, así como los precios de las partidas a lo largo del tiempo

La intención final de la comunicación era buscar patrones geográficos, temporales, de autor, etc, que nos ayudaran a entender el porqué del uso de unos sistemas frente a otros. Pero la gran cantidad y variedad de documentación conservada en el archivo del INC, y la frecuente réplica de soluciones constructivas en proyecto, con pequeñas variaciones en su descripción, no nos permiten concluir con certeza la existencia de dichos patrones más allá de la clara transición temporal entre bóvedas tabicadas y forjados de hormigón descrito más arriba. Sin embargo, hemos considerado de interés mostrar la documenta-

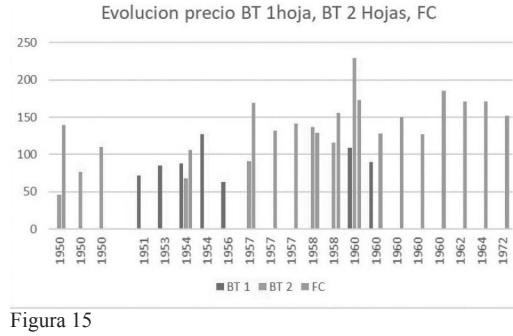



Figura 15
Distribución temporal y evolución de precios de sistemas de forjados con bóveda tabicada (1 hoja=BT1; 2 hojas=BT2) frente a los cerámicos o de vigueta de hormigón (FC). (Elaboración propia)

| Descripción de la partida y sus partes | | Pesetas |
|---|---|---|
| **M²** | **Formación de cubierta de teja curva incluso armadura tipo Marsá, correas y doble tablero de rasilla** | **358,98** |
| 2,00 h | Oficial y ayudante a 25,84 pesetas/hora | 51,68 |
| 2,00 h | de peon a 10,57 pesetas/hora | 21,06 |
| p.p. | de armadura Marsá y correas colocadas | 198 |
| 68 ud | rasillas huecas 420 pesetas/millar | 22.68 |
| 0,02 $m^3$ | de pasta de yeso a 394,16 pesetas/$m^3$ | 7,88 |
| 0,045 $m^3$ | de mortero de cemento 1:4 a 412,60 pesetas/$m^3$ | 12,37 |
| 0,03 $m^3$ | de agua a 10 pesetas/$m^3$ | 0,3 |
| 28 ud | de tejas curvas a 1052,60 el millar | 29,47 |
| 3% | medios auxiliares | 10,30 |

Tabla 12
Precio descompuesto de la unidad de obra $m^2$ de cubierta sobre cercha en el Edificio social de Palazuelo (Presupuesto, cuadro nº4, hoja nº 18. Archivo INC, carpeta 10570. 1961)

ción original conservada en el archivo, agrupada según criterios propios, que tan bien describe de manera fidedigna como se construyeron estos pueblos.

## Notas y agradecimientos

El archivo del Instituto Nacional de Colonización está situado en un antiguo Centro de Capacitación Agraria situado en San Fernando de Henares, en las afueras de Madrid. El personal que trabaja en el archivo es extraordinariamente amable y nos ha hecho muy fácil está investigación. Mil gracias a Rocío Sánchez Serrano (jefa del servicio) y a los técnicos de archivo Alicia Moya y Pedro Jiménez.

La participación en este congreso ha sido parcialmente financiada por el plan propio de ayudas a grupos de investigación 2020-22 de la UCLM (Grupo de Investigación MAEE-del Instituto de Tecnología en Construcción y Telecomunicaciones de Cuenca)

## Notas

1. Valdelacalzada y Guadiana del Caudillo comienzan a construirse en 1948. En ese momento no tienen ni nombre, apareciendo en la documentación como «Pueblo A» y «Pueblo B». En ese primer momento se proyectan 100 viviendas para cada pueblo, que parecen estar construidas completamente de madera. pero sólo se han consultado los planos, muy poco detallados, por lo que no podemos asegurarlo.
2. Guadiana del Caudillo cambió, en 2020, su nombre por el de Guadiana, en aplicación de la Ley de la Memoria Histórica. En la comunicación se mantiene su nombre original para evitar confusiones, ya que así figura en toda la documentación estudiada.
3. En la documentación estudiada se encuentran muchas referencias a la mala calidad de la madera con la que se construye en la zona, como se irá viendo a lo largo de la comunicación.
4. Las escuelas y viviendas de maestros se construyen casi siempre con bóveda tabicada, incluso en pueblos y años en los que el resto de edificios ya ha pasado a los forjados de viguetas de hormigón.

## Lista de referencias

Monclús, F.J. y Oyon J.L., 1988. Políticas y técnicas en la ordenación del espacio rural. Historia y evolución de la colonización agraria en España, vol 1. Madrid: Instituto de Estudios de Administración local

Villanueva, A. (coordinador). 1988. Historia y evolución de la colonización agraria en España. Madrid: Instituto de Estudios de Administración local

Villanueva, A. y Leal, J.,1990. La planificación del regadío y los pueblos de colonización. Historia y evolución de la colonización agraria en España, vol 3. Madrid: Instituto de Estudios de Administración local

Documentos consultados en el archivo del Instituto Nacional de Colonización (INC) que se citan en la comunicación:

Carpeta 2729: Proyecto de Centro Cívico de Guadiana del Caudillo. Arquitecto Manuel Rosado Gonzalo. 1950.

Carpeta 3519: Proyecto de nuevo pueblo del Guadiana. Arquitecto José Borobio Ojeda. 1952.

Carpeta 4256: Propuesta de sustitución de cubiertas por sistema abovedado en Pueblonuevo del Guadiana. Arquitecto Manuel Rosado Gonzalo. 1953

Carpeta 4558: Proyecto de escuelas y viviendas de maestros en el pueblo de Guadiana del Caudillo (segunda fase). Arquitecto Manuel Rosado Gonzalo. 1954

Carpeta 4736: Proyecto del núcleo de La Bazana. Arquitecto Alejandro de la Sota. 1954.

Carpeta 5702: Proyecto del pueblo de Balboa. Arquitecto José María González Valcarcel. 1955.

Carpeta 6729: Proyecto de ampliación del pueblo Novelda de Guadiana. Arquitecto Manuel Rosado Gonzalo. 1956.

Carpeta 6758: Proyecto de núcleo de La Alcazaba. Arquitecto Manuel Rosado Gonzalo. 1956.

Carpeta 7451: Proyecto del nuevo núcleo de Bótoa. Arquitecto Miguel Herrero Urgel. 1957.

Carpeta 8735: Proyecto de ampliación del pueblo de Valuengo. Arquitecto Perfecto Gómez Álvarez. 1958

Carpeta 10249: Proyecto de ampliación del nuevo pueblo de Ruecas. Arquitecto Perfecto Gómez Álvarez. 1960

Carpeta 10570: Proyecto del nuevo pueblo de Palazuelo. Arquitecto Manuel Rosado Gonzalo. 1961.

Carpeta 10732: Proyecto de sustitución de cubiertas en 100 viviendas de la 1ª fase en Valdelacalzada. Arquitecto Perfecto Gómez Álvarez. 1961

Carpeta 11333: Proyecto del pueblo de Vivares. Arquitecto Perfecto Gómez Álvarez. 1962

Carpeta 12319: Proyecto de sustitución de cubiertas en Guadiana del Caudillo, segunda fase. Arquitecto Perfecto Gómez Álvarez. 1963

Carpeta 15415: Proyecto de edificio de Acción Católica en Pueblonuevo de Guadiana. Arquitecto Manuel Mondejar Horodiski. 1967.

# Sistema de abastecimiento de agua en la ciudad de Santo Domingo en el siglo XVI. Pozos, aljibes y fuentes

Linda María Roca Pezzotti

Cuando el gobernador Nicolás de Ovando decidió trasladar la población española de la villa de Santo Domingo de la margen oriental a la occidental del río Ozama, tomó en cuenta las condiciones favorables del lugar elegido: topografía adecuada, tierras de labor, materiales necesarios para la construcción de edificios (por las proximidades de las canteras de la parte norte) y fácil acceso, a través de la red de caminos, a los asentamientos del interior de la isla, entre otras condiciones ideales del urbanismo del siglo XVI (Figura 1).

Sin embargo, en lo relativo a las fuentes de agua, fray Bartolomé de las Casas comenta que, desde un inicio, en el lugar elegido por Ovando había problemas con su abastecimiento. Las Casas proporciona datos relativos a las cualidades del primer asentamiento, fundado por Bartolomé Colón. Indica que, a diferencia de lo que ocurre en el lado occidental, donde los pozos son de agua muy gruesa, en el lado oriental hay fuentes muy buenas, aunque no estén al alcance de todos los vecinos.

El cronista y alcaide de la Fortaleza de Santo Domingo, Gonzalo Fernández de Oviedo también critica el traslado de la ciudad realizado por Ovando y señala el problema del suministro de agua, a la vez que precisa que en la parte oriental hay una fuente muy buena, de la cual se provee la mayor parte de la población. Dice, además, que los vecinos del segundo emplazamiento rechazan el agua de los pozos citadinos y, por esta razón, se la hacen traer o la van a buscar a otros lugares.

Otras referencias de dicho cronista en el mismo documento permiten colegir connotaciones de carácter social, pues informan de la necesidad de tener esclavos o criados para el acarreo del agua desde el otro lado del Ozama. Dice Fernández de Oviedo que «como este río es muy hondo, no tiene puente; e a esta causa, aunque hay una barca ordinaria que la ciudad paga e tiene para pasar a cuantos quisieren ir o venir e atravesar el río a pie o a caballo, es menester tener un esclavo, o más otros mozos, ocupados solamente en proveer la casa de agua de la dicha fuente, así que, grande inconveniente es también» (Fernández de Oviedo 1988, 90). Oviedo hace hincapié en el uso de la fuente ubicada en el anterior asentamiento de la ciudad. Sin embargo, se podrá constatar que en la ciudad de Ovando se construyeron fuentes y pozos públicos, por los estudios que aquí presentamos.

Como estrategia del poblamiento de Nicolás de Ovando, la elección del sitio adecuado era un aspecto fundamental. Debía cumplir con las condiciones básicas necesarias previstas por el conquistador, que eran, a saber, materiales para la construcción y bastimentos para subsistencia, mano de obra y condiciones topográficas ideales para alcanzar lo que se perseguía: puerto y fortaleza. El problema del agua no era, al parecer, un asunto al que Ovando le diera demasiada importancia y la solución en que pensaba consistía en traerla desde el río Haina, ubicado, hacia el este, a tres leguas del sitio de su preferencia. La

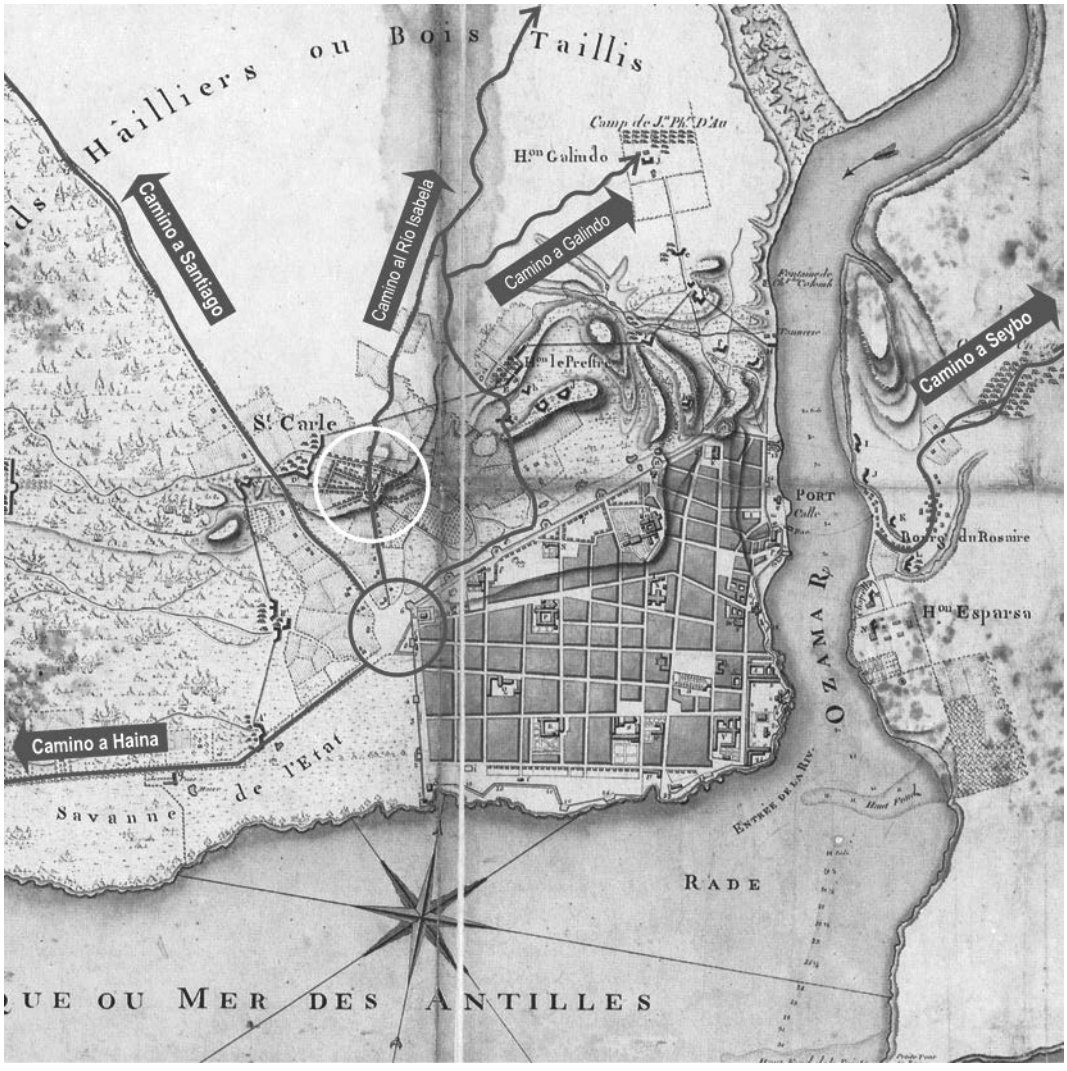



Figura 1.
Mapa ubicando las redes de caminos desde Santo Domingo al Interior de la isla (Roca Pezzotti 2007)

idea le bullía desde el mismo inicio de sus muchos planes, y ya en el 1505 tenía concebida la construcción de un acueducto por gravedad que, mediante una acequia *ad hoc*, traería el agua desde el río Haina hasta Santo Domingo. Esos planes, no obstante, no llegaron jamás a concretarse (Figura 2).

Así las cosas, el sistema de abastecimiento de agua de la ciudad se resolvió de dos formas, una, acarreándola desde el primer asentamiento para lo cual tenían que cruzar el río en canoas y balsas, y, otra, con fuentes y pozos públicos en las plazas y plazoletas y con pozos o aljibes en las casas.

La ciudad, a pesar de encontrarse junto al río Ozama y tener en sus proximidades otros ríos, no contó, en realidad, con acueducto hasta 1926, ya en pleno siglo XX.

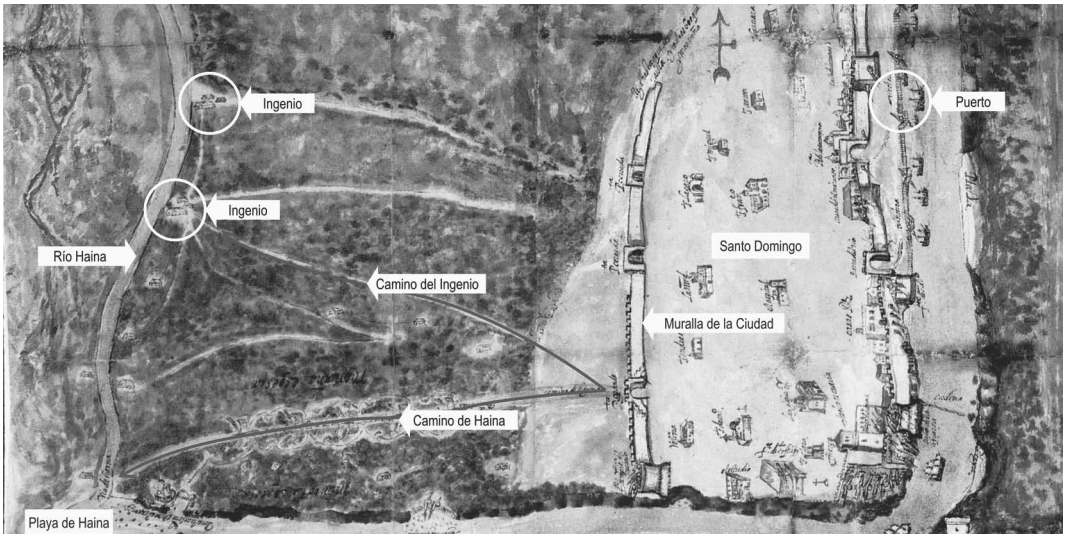



Figura 2
Plano de los caminos entre Santo Domingo y la zona de producción, en el entorno del río Haina; desde donde Nicolás de Ovando había pensado traer el agua para abastecer la ciudad (Roca Pezzotti 2007)

## Acueducto de Rodrigo de Liendo

En 1540, el obispo y presidente de la Audiencia, don Alonso de Fuenmayor, retoma la construcción del acueducto. Le escribe al rey Carlos V para comunicarle que había reunido el dinero necesario para dicho proyecto, que incluía un puente sobre el río Ozama. En esa fecha, y por no contar con uno, para cruzar el río se utilizaba una barca ordinaria (Figura 3), pagada por la ciudad y de uso público.

El Consejo de la ciudad toma, cartas en el asunto y llama al maestro mayor Rodrigo de Liendo, que aceptó el reto y le presentó un proyecto a la Real Audiencia. Ese primer esfuerzo fue criticado y rechazado, por lo que Liendo preparó otro que presentó, en febrero de 1536, el cual estaba «compuesto por dos arcos y un solo pilar central, además de los extremos o aproches» (Báez López Penha 1992, 78). En mayo de 1540, cuando el puente todavía se encontraba en construcción, una riada del Ozama destruyó el pilar central, inutilizando la estructura en su totalidad. Liendo, para compensar a la ciudad por los caudales que se habían invertido, se comprometió a proyectar y construir, a su costa, un abastecimiento de agua, de manera que los habitantes no tuvieran que continuar con la práctica de cruzar el río y recurrir a las antiguas fuentes del primer asentamiento cada vez que necesitaban aprovisionarse de ella.

Ante las dificultades de realizar una toma de ríos o manantiales a una cota suficiente, la técnica elegida fue la construcción de una noria de sangre, que elevaba las aguas de un pozo hasta una altura adecuada, a fin de llevarlas, por gravedad, y mediante encañados de barro, hasta la Plaza Mayor donde había una fuente y de ahí salían ramales hacia la cárcel, la fortaleza y el convento de Santa Clara.

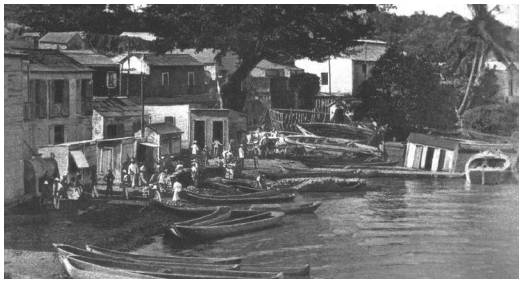


Figura 3
Imagen de canoas que cruzaban el río Ozama en el primer tercio del siglo XX (Roca Pezzotti 2007)

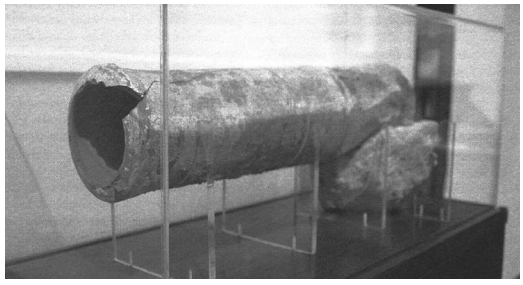


Figura 4
Restos de las tuberías de barro del acueducto de Rodrigo de Liendo, que se exhiben en el Museo de las Casas Reales. (Roca Pezzotti 2007)

En trabajos realizados en 1987 por la Comisión de Monumentos y dirigidos por el ing. José Ramón Báez López Penha con el propósito de instalar tramos de alcantarillado pluvial, fueron encontradas porciones de tuberías de barro, posiblemente del acueducto de Liendo (Figura 4). Se realizaron excavaciones arqueológicas, para determinar el recorrido de dichas tuberías, y se estableció que éstas se iniciaban en las ruinas de monasterio de San Francisco y llegaban hasta el parque Colón, antigua Plaza Mayor.

Las obras del canal, que llevaba las aguas impulsadas por la noria se iniciaron en 1544, y se terminaron con gran rapidez. La noria que forma parte del acueducto de Liendo está emplazada en el Monasterio de San Francisco, donde se encuentran vestigios de la misma (Figura 5). Una particularidad muy significativa es la capacidad de previsión, o la visión de futuro, de estos primeros constructores, ya que la red de aguas se complementó con una extensa red de alcantarillado –la primera importante en el Nuevo Mundo– que se proyectó y realizó antes de iniciar la construcción de los edificios. Todavía hoy se conserva una parte importante de esa red de galerías, de sección abovedada, hechas de ladrillo y mampostería.

Figura 5
Vestigios de la Noria del Monasterio de San Francisco, que forma parte del acueducto del maestro mayor Rodrigo de Liendo. (fotografía de la autora)

## Las fuentes o pozos públicos

Sabemos que la ciudad de Santo Domingo contó, en sus años iniciales, con varias fuentes, entre ellas la llamada Fuente Nueva, ya desaparecida, que se encontraba junto a las casas de Francisco de Garay, y otra que estaba cerca del río Ozama, construida en 1506 y que aún se conserva. Esta última es conocida también como la fuente de Colón. Sobre su fecha y su nombre tenemos información fidedigna. La historiadora María Ugarte, al respecto, dice que:

> Tomando en cuenta las noticias ofrecidas por el documento y por las características arquitectónicas, así como por los detalles heráldicos del escudo cuya huella se conserva en la fachada de la fuente, se puede deducir que el pequeño monumento que se conoce con el nombre de Fuente de Colón o Fuente del Almirante, es el mismo que se construyó alrededor del 1506 por el cacique Ortiz, cuando este indio con su gente estaba todavía al servicio del Consejo de la villa de Santo Domingo (Ugarte 1998, 75).

Otra descripción más reciente de la fuente de Colón (Figura 6) dice sobe su estructura que es «muy antigua de piedra, con un muelle o embarcadero parapetado y construido con el mismo material sobre el río». Además, refiere que «apoyado en la ladera de la colina se halla una doble arcada en cuyo centro se encuentra el pozo o cisterna, el cual es bastante profundo y contiene un agua deliciosa de la que se proveen muchos barcos» (Vega 2011, 66).

La mano de obra empleada en las construcciones a finales del siglo XV y en los inicios del siglo XVI fue la de los indígenas (Figura 7). En el segundo repartimiento hecho por Ovando, un cacique llamado Ortiz había sido concedido, con sus 150 indios, al Concejo de la villa de Santo Domingo para hacer obras públicas. Esto lo confirma la historiadora y biógrafa del gobernador Nicolás de Ovando, Úrsula Lamb cuando dice que éste promovió un programa de obras públicas muy favorable para el desarrollo de la

Figura 6
Fuente de Colón. (Vega 2011)

ciudad y sus vecinos y que entre esas obras están la fortaleza, dos hospitales, conventos, fuentes públicas y caminos (Roca Pezzotti 2007, 274).

En el Pleito Ovando-Tapia, Francisco Garay, alguacil mayor de la Isla, a la pregunta que se le formula sobre el gasto de las obras públicas, contesta diciendo «que sabe que se han gastado muchos dineros en los pozos e fuentes e caminos e otras obras públicas de esta villa» (Rodríguez Demorizi 1978, 175). Esto ratifica que durante el gobierno de Ovando se construyeron muchas obras públicas entre las que se pueden destacar fuentes y pozos para el suministro de agua.

En el mismo documento, varios de los testigos que declararon a favor de Cristóbal de Tapia citan en sus declaraciones la construcción de una fuente junto al río, obra encargada al ya mencionado cacique Ortiz. Pero lo importante es el hecho de que, en el referido interrogatorio, se destaca el empleo de la mano de obra nativa para las construcciones de edificios, fuentes y caminos (Rodríguez Demorizi 1978, 175).

Pedro Gallego, uno de los testigos en el famoso pleito dice que «puede haber tres años poco más o menos que vido este testigo andar al dicho cacique Ortiz con sus indios en una fuente que se hacía cerca del río» (Rodríguez Demorizi 1978,193). Agrega que, en ese período, él era regidor y vio cómo el Comendador Mayor Nicolás de Ovando «en acabando la obra de la fuente quitó al dicho Concejo desta villa los dichos indios» (Rodríguez Demorizi 1978, 194). Por otro lado, Juan Mosquera, vecino y regidor de Santo Domingo, informa que, una vez terminada la fuente, el Comendador Mayor encomendó el cacique Ortiz al licenciado Becerra. Y, de acuerdo con el testimonio de Francisco de Garay, el Concejo dispuso de los servicios del cacique Ortiz durante sólo tres o cuatro meses, tiempo transcurrido entre el segundo repartimiento y la entrega del indio y su gente a Becerra (Ugarte 1998, 74 -75).

En el siglo XVI, en el parque Colón, antigua Plaza Mayor o Plaza de Armas, había una fuente pública que

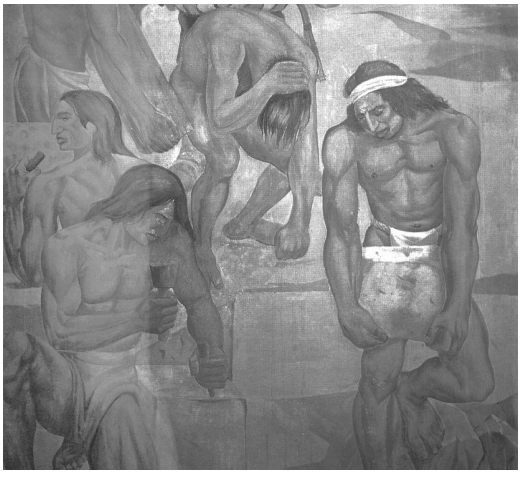


Figura 7
Mano de obra indígena. (Roca Pezzotti 2007)

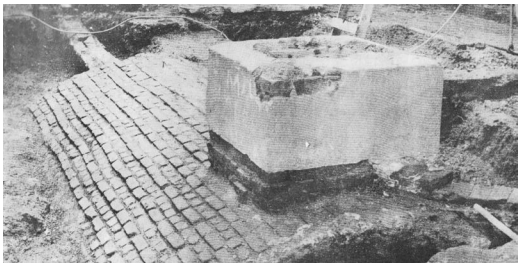


Figura 8
Pozo público frente a la ermita de San Antón, en la plaza del mismo nombre. (Roca Pezzotti 2007)

daba servicio a toda la ciudad. Ubicada casi frente al edificio de la antigua cárcel. Asimismo, en casi todas las plazas de la ciudad, existieron pozos para uso de los vecinos. Durante los trabajos arqueológicos realizados en las plazas de la ciudad se encontraron restos de estos en las plazas de Regina y de San Antón (Figura 8). También próximo a las Puertas de El Conde y de San Diego se encuentran vestigios de pozos públicos.

## Pozos y aljibes

En la ciudad de Santo Domingo, debido a la falta de acueducto, los medios de abastecimiento o suministro de agua que predominaron fueron los pozos o norias (Moreau de Saint-Mery 1976, 136) y los aljibes o cisternas (Báez López Penha 1992, 70), que se excavaron a la par con las primeras edificaciones y se continuaron haciendo a medida que se iban construyendo nuevas en el siglo XVI. La gran mayoría de estos pozos y aljibes estuvieron en uso hasta que se inauguró el acueducto de Santo Domingo en 1926. Muchos de esos ellos todavía se conservan.

Los aljibes o cisternas eran depósitos subterráneos que se alimentaban de las aguas pluviales, que se recogían de los techos de las casas (Moreau de Saint-Mery 1976, 137) y se llevaban a los depósitos por medio de bajantes. Los almacenes de agua se encontraban, generalmente, en el área del patio de la edificación y estaban construidos con gruesos muros de piedra impermeabilizados, cubiertos por una bóveda de ladrillo con un brocal de ladrillo o de piedra.

El pozo es un «hoyo o perforación artificial para encontrar una vena de agua» (García Salinero 1968,185). Además, es un sistema de captación vertical del agua acumulada en el nivel freático. La tipología de los pozos varía de acuerdo con el número de casas a las que daban servicio. Había pozos que servían a una casa, otros que servían a dos casas, llamados pozos medianeros (Figura 10); y a veces a tres, dependiendo de su ubicación en relación al lugar del patio de la vivienda y al número de éstas al que servía (Roca Pezzotti 2007, 235).

En la ciudad de Santo Domingo, el agua de pozo era calificada como mala o no apta para el consumo humano, ya que tenía gran variedad de minerales y un determinado grado de salinidad, que la hacía desagradable al paladar, por lo que se buscaron otras alternativas, de manera individual y de manera colectiva. De manera individual se emplearon los aljibes y cisternas y, además, se traía agua de la fuente o manantial del otro lado, utilizando para ello una barca y con la ayuda de esclavo para trasladarla hasta la vivienda (Roca Pezzotti 2007, 235).

Figura 9
Aljibe subterráneo cubierto por una bóveda de ladrillo, imagen tomada durante los trabajos arqueológicos realizados en la Casa de las Jesuitas, en 1974 (Roca Pezzotti 2007)

Figura 10
Pozo medianero en patio de una casa del siglo XVI. (Prieto)

En los trabajos de restauración efectuados en la Ciudad Colonial de Santo Domingo tanto por particulares como por el gobierno, en diferentes épocas (1970 a 2020) se ha encontrado una gran variedad de pozos y aljibes. A través de los levantamientos arquitectónicos se pudo determinar la distribución de estos en las plantas de los inmuebles, así como recoger muestras de los materiales y sistemas constructivos. Sin embargo, no hay la información suficiente para hacer reconstrucciones arquitectónicas fieles de los mismos

Los pozos se excavaban, principalmente, en los patios de las casas, de los conventos y monasterios. Eran profundos y no se daban por terminados hasta encontrar una vena de agua. Los hoyos o huecos se revestían de piedra o de ladrillo para su mayor mantenimiento o conservación. Se remataban con unos arcos que soportaban el brocal que los coronaba. El material de construcción variaba y, siempre de acuerdo con las muestras encontradas, podían ser de piedra o de ladrillo.

En el caso de los aljibes, la dimensión variaba conforme a la vivienda. Eran, en su mayoría, soterrados, con una bóveda de medio cañón construida de piedra o de ladrillo y con brocales de materiales también variables y, en concordancia con el poder adquisitivo del propietario, podían ser de piedra o de ladrillo. Sus formas iban desde las circulares y cuadradas hasta las hexagonales (Figuras 11 y 12). Las aguas de lluvia llegaban al aljibe por unos bajantes que podían estar adosados o empotrados en el muro.

Figura 11
Fuente con brocales de ladrillos, de forma octogonal, ubicado en el patio del Palacio de la Real Audiencia, actual Museo de las Casas Reales. (Roca Pezzotti 2007)

## Conclusión

En relación con la ciudad y el territorio, se pudo evidenciar que la elección del sitio para el traslado de la primera ciudad de Santo Domingo por el gobernador Nicolás de Ovando, obedeció a varias condicionantes; topografía ideal, tierras de labor, materiales necesarios para la construcción de edificios, por las proximidades de las canteras de la parte norte y accesibilidad a través de la red de caminos a los asentamientos ubicados en el interior de la isla y su condición de puerto. La ubicación de la ciudad en el sitio ocupado por el asentamiento indígena se afirma que fue intencional para aprovechar los recursos desarrollados por la cultura local, sin embargo, una de sus carencias desde su traslado a la margen occidental del río Ozama, fue el abastecimiento de agua. Esta situación se trató de solucionar con la construcción de pozos o norias y de aljibes o cisternas.

La infraestructura de la ciudad se desarrolló desde el inicio de su fundación con la fábrica de alcantarillas y pozos públicos; además la red de caminos posibilitó la comunicación con el interior de la isla. La sociedad fue mixta y se encontró la presencia de distintos actores sociales desde época temprana.

Figura 12.
Pozo medianero, con brocal semicircular, Casa del siglo XVI. (fotografía de la autora)

Cabe destacar que desde muy temprano, durante el gobierno de Nicolás de Ovando (1502-1509), documentado por el Pleito Ovando Tapia, la biografía de Ovando y otros documentos consultados, se realizó un programa de obras públicas muy favorable para el desarrollo de la ciudad y sus vecinos, destacándose las obras de fuentes y pozos públicos para solucionar el abastecimiento de agua, entre tantas otras obras realizadas en ese período. También se debe recalcar que la mano de obra empleada por los españoles, en el primer cuarto de siglo XVI, era la de los indígenas. Más tarde se les unió la mano de obra de los esclavos negros traídos de África.

En el segundo cuarto del siglo XVI, en el año de 1536 se comienza a preparar el proyecto para construir un puente sobre el río Ozama y unir las márgenes oriental y occidental del mismo, iniciándose en 1540 y fracasando dicha construcción de manera estrepitosa, lo que dio como resultado que surgiera la iniciativa de maestro mayor Rodrigo de Liendo, para compensar a la ciudad por los caudales que se habían invertido, se comprometió a proyectar un abastecimiento de agua, de manera que los habitantes no tuvieran que continuar con la práctica de cruzar el río y recurrir a las antiguas fuentes del primer asentamiento cada vez que necesitaban aprovisionarse de ella.

La ciudad tenía una estructura y una población estable a mediados del siglo XVI, pudiéndose considerar que en ella se mantenía una infraestructura y equipamiento urbano considerable. Sobre todo, si se observa que había sido azotada por varios huracanes y hubo una población con carácter de permanencia y otra flotante. A finales de la primera mitad del siglo XVI, se construyó parte de la muralla y las puertas para garantizar la protección del puerto. La situación presentada permite afirmar que la ciudad se consolidó en la primera mitad del siglo XVI, entrando en decadencia a finales del siglo XVI, teniendo como detonante la invasión de Francis Drake.

## Lista de referencias


Báez, J.R. 1992. *Por qué Santo Domingo es Así,* Santo Domingo: Editora Amigo del Hogar.

Calvo, L. M. 2004. *La construcción de una ciudad hispanoamericana. Santa Fe la Vieja entre 1573 – 1660*. Santa Fe: Universidad Nacional del Litoral.

Fernández de Oviedo, G. 1988. *Oviedo Las Casas. Crónicas escogidas.* Santo Domingo: Editora Corripio.

García Salinero. F. 1968. *Léxico de los alarifes de los siglos de oro.* Madrid.

Gutiérrez Escudero, A. 2007. Las primeras obras públicas en el nuevo mundo y su financiación: Santo Domingo 1494-1572. En *Santo Domingo Colonial. Estudios Históricos Siglos XVI al XVIII.* Santo Domingo.

Mártir de Anglería, P. 1989. *Las Décadas del Nuevo Mundo,* Madrid.

Palm, E.W. [1955] 2002. *Los monumentos arquitectónicos de la Española*. Santo Domingo: Sociedad Dominicana de Bibliófilos.

Peguero, L. J. [1762] 1975. *Historia de la conquista de la isla Española de Santo Domingo*. Trasumptada el año de 1762. Tomo 1. Ed. Pedro J. Santiago. Publicaciones Museo de Casas Reales. Santo Domingo.

Pérez Montás, E. 1980. *Casas Coloniales de Santo Domingo*, Santo Domingo-Barcelona: Museo de Las Casas Reales. Voluntariado del Museo de Las Casas Reales. General Grafic.

Ugarte, M. 1998. *Estampas Coloniales.* Santo Domingo: Comisión Permanente de la Feria Nacional del Libro Vol. I. Siglo XVI.

Ugarte, M. 1977. *Monumentos Coloniales*. Santo Domingo: Publicaciones del Museo de las Casas Reales.

Lamb, U. 1977. *Frey Nicolás de Ovando, Gobernador de Las Indias,* Santo Domingo: Sociedad Dominicana de Bibliófilos, Editora de Santo Domingo.

Roca Pezzotti, L, 2017. *Espacios urbanos y configuración de la ciudad de Santo Domingo en el siglo XVI.* Tesis doctoral inédita, Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo.

Rodríguez Demorizi, E. 1978. *El Pleito Ovando-Tapia. Comienzo de la vida urbana en América.* Santo Domingo: Editora del Caribe.

Vega, B. 2011. *Me lo contó el Ozama.* Santo Domingo: Amigo del Hogar.

# De la central de Camarmeña a la central de Arenas, la llegada del movimiento moderno a Cabrales

Marta Rodríguez Bada

La arquitectura de las centrales hidráulicas asturianas construidas entre los años 1950 y 1969 constituye un patrimonio de gran calidad y relevancia, que en el caso de la Central de Arenas de Cabrales está aún en fase de reconocimiento. Al igual que sucede en el resto de Europa la arquitectura industrial es la oportunidad para la introducción de la modernidad arquitectónica[1]. Recuperar y describir esta obra y las previas realizadas para el aprovechamiento del cauce del Cares es el objetivo de esta comunicación. En el marco temporal que se desarrolla, que comprende desde 1916, los inicios de la central de Camarmeña, una de las pioneras, hasta la Central de Arenas (1958) trascurre un proceso de notable interés histórico, tecnológico, económico, social y arquitectónico.

## Breve reseña de acontecimientos histórico-técnicos

- En 1881 se celebra la 1º exposición electrica en Paris, con la intención de que la electricidad pase a ser algo cotidiano. Un año antes se construye la primera central hidroeléctrica[2].
- Desde 1905 la corriente alterna permite manejar mayores tensiones y transportar electricidad a grandes distancias, lo que supone rentabilidad para la energía hidroeléctrica[3].
- 1914-1918. Primera Guerra Mundial.
- 1917. En Asturias empieza a funcionar la primera central hidroeléctrica: la Malva.

## Central hidroeléctrica de Camarmeña 1916-1921

Las dos grandes compañías hidroeléctricas que intervienen en Asturias son Hidroeléctrica del Cantábrico y la Sociedad Electra de Viesgo, que fundada en 1906 es la promotora de las dos centrales ubicadas en Cabrales con el fin de aprovechar las aguas canalizadas del río Cares.

La Central, inaugurada el 24 de junio de 1921, comprende además la presa de Caín y el canal desde Caín a la presa.

Los datos son los siguientes:

- Longitud del canal: 9.471m de los cuales 5.873 m están en túneles (73)
- Altura del salto:225 m
- Normativa de aplicación: no hay
- Proyecto: Juan Antonio Aguilar
- Protección legal: ninguna

En 1912 la empresa Viesgo tiene el proyecto de crear un canal que aproveche el caudal de los ríos Cares, Tejo y Duje. Con el propósito de abastecer a una nueva factoría naval prevista para comenzar a trabajar en 1921 se construye la central de Urdón en 1912. Urdón, propiedad de Electra de Viesgo no tiene capacidad suficiente y Electra de Viesgo retoma el proyecto de 1912.

Se decide construir una presa en la portilla de la Hoz del Cares, donde el Cares discurre entre roca, y hacer un canal con una pendiente de 0,5/1000 que

supone según cálculos 240 m de salto y una producción de 12.000 kw/h [4].

La presa se construye rápido, en tres semanas. El canal es una obra compleja, de gran duración. La abundante documentación gráfica refleja el abrupto entorno, la dificultad del acceso al mismo tanto para los obreros como para los materiales, la construcción con los medios manuales con los que se realizó la obra por la escasez de maquinaria en años de guerra y postguerra, las duras condiciones de trabajo y la implicación de la mujer en el mismo[5].

Figura 1
Construcción del canal 1918 (foto cedida por Paulino Antón)

## La central

La arquitectura de la central responde a una tipología tradicional protoindustrial, con dos volúmenes de planta rectangular que separan la sala de máquinas y el edificio de transformadores, y que se remata con cubierta a dos aguas.

La composición de las fachadas con lenguaje formal evoca con sencillez el eclecticismo de la época, y está marcada por una fuerte métrica y modulación, con huecos ordenados entre las pilastras que se remarcan al exterior.

La verticalidad de los huecos se compensa con impostas que acentúan la horizontalidad.

Figura 2
Puente de los rebecos, uno de los puentes previos necesarios para la construcción del canal (foto cedida por Paulino Antón)

El acceso se realiza por una gran puerta rematada por una ventana con arco carpanel. Sobre ella imposta horizontal y una segunda planta donde se sitúa un mosaico cerámico con el nombre de la empresa y de la central, que es la única decoración de esta y en disposición simétrica dos ventanas rematadas con arco carpanel y un óculo sobre ellas[6].

Figura 3
Construcción de la presa (foto cedida por Paulino Antón).

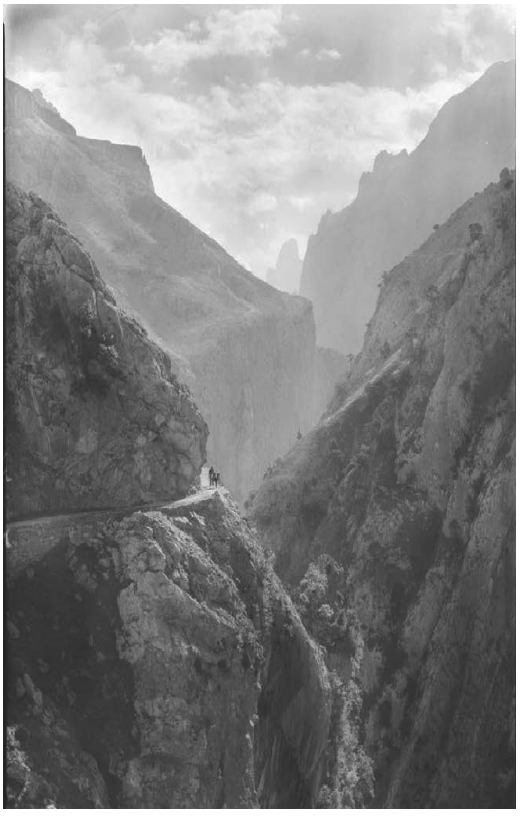


Figura 4
Senda del Cares, para facilitar el acceso al mantenimiento del canal. Pando barrero 1960

Esta composición corresponde a una referencia tipológica y compositiva de salas de máquinas de centrales construidas en los primeros 20 años del siglo XX en donde comienza a aparecer la voluntad de ennoblecer un "contenedor" de alternadores convirtiéndolo en un edificio de carácter monumental con gran presencia en el paisaje.

Se incluye ya en 1916 una escala de salmones, que supone un avance en la protección del ecosistema del río[7].

Para uso exclusivo de la central se construyó una pequeña pasarela Vierendeel de hormigón armado[8].

Posteriormente se construye entre 1945 y 1950 la senda del Cares para mejorar las labores de limpieza y mantenimiento del canal de Camarmeña-Cain, con el proyecto del ingeniero Eugenio Guayar, que trabaja para Electra de Viesgo, quien traza una senda lo más paralela al canal y con la previsión de anchura entre 1,50 m y 2,00 m. El director de obra fue Manuel Campillo (Zubizarreta Gavito, 2001).

Hoy es una de las rutas turísticas más reconocidas del Principado. El territorio ya está dinamizado por el turismo; un turismo que se debería concienciar y sensibilizar como primer paso para la preservación y puesta en valor de este patrimonio industrial que goza de un gran potencial.

Hacia la mitad del siglo XX concurren unas circunstancias comunes en el periodo de postguerra en Europa, alguna de las cuales se resumen en España de esta manera:

- Reactivación de la economía.
- Ansia por convertir la sociedad agraria en sociedad industrializada como símbolo de avance del país.
- Inicios de la ingeniería y la electricidad como utopías del bienestar social.

## Central hidroeléctrica de Arenas 1952-1958

Comprende la central que abastece a Arenas, los canales desde la presa de Poncebos, y una escala salmonera.

Los datos técnicos son los siguientes:

- Presa de gravedad, altura del salto: 30 m.
- Proyecto: Arquitecto Ignacio Alvarez Castelao. Ingeniero Juan José Elorza González. Murales de Antonio Suárez
- Uso de la primera Normativa de aplicación española en estos proyectos: la Orden de 3 de fe-

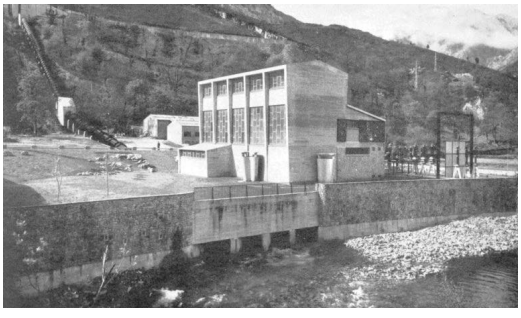


Figura 5
Vista de la central (imagen del registro DOCOMOMO)

brero de 1939 aprobando la Instrucción de proyectos y obras de Hormigón. Publicaciones del Ministerio de Obras Públicas nº 1-1939.
- Protección legal: incluida en el DOCOMOMO, sin protección legal

En la segunda mitad de siglo XX comienza una fuerte inversión del régimen en la construcción de infraestructuras hidráulicas, que corresponde con lo que sucede en el resto de Europa tras la guerra.

La electricidad produce orgullo y fe en el progreso tecnológico y su arquitectura refleja la imagen de representación que quiere mostrar la compañía, refleja el afán de resolver la relación entre la central y el paisaje y la relación entre el contenedor y el contenido, que es uno de los objetivos de investigación de la arquitectura moderna: la relación entre función y forma.

En los casos reconocidos de las centrales de Vaquero Palacios para HC se hace realidad el ideal de la integración de las artes en la arquitectura de la modernidad.

En las centrales de Electra de Viesgo la integración o sintonía se produce entre los autores, arquitecto, ingeniero y artista, dando lugar a ejemplos de gran calidad: SIlvón, Arbón, Arenas, Aguilar de Campoo.

La voluntad de la empresa y los proyectistas de no destruir el impresionante paisaje donde está emplazado el salto y la central cuidando volúmenes y materiales se refleja en la memoria del proyecto (Revista de arquitectura n 47 1962 )

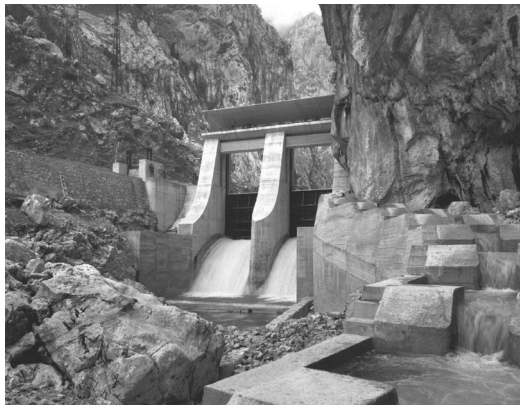


Figura 6
Detalle del salto y la escala de salmones. (imagen del registro DOCOMOMO)

## El edificio

La construcción de la central en Arenas de Cabrales (1952-56) se realiza en colaboración con Juan José Elorza (ingeniero) y Antonio Suarez (artista) y supone una experimentación técnica y formal.

La sala de máquinas de la central, situada en Arenas de Cabrales, consta de una nave única sin compartimentar que busca la diafanidad y está formada por estructuras en pórtico de hormigón armado visto con forma troncocónicas de tal forma que las fachadas laterales son trapezoidales y juegan con la sensación de que el edificio se inclina hacia adelante. En palabras de Castelao, “el hormigón encaja perfectamente en el ambiente tanto por la textura como por el color, por las posibilidades de moldeo y su fácil conservación” (Álvarez Castelao y Elorza 1962).

Solamente en los cerramientos entre estructuras se ha empleado el gres, en ocres rojizos, como revestimiento de las fábricas de ladrillo; en otros casos la piedra caliza, y en las puertas e “intemperie” se acentuaron notas de color.

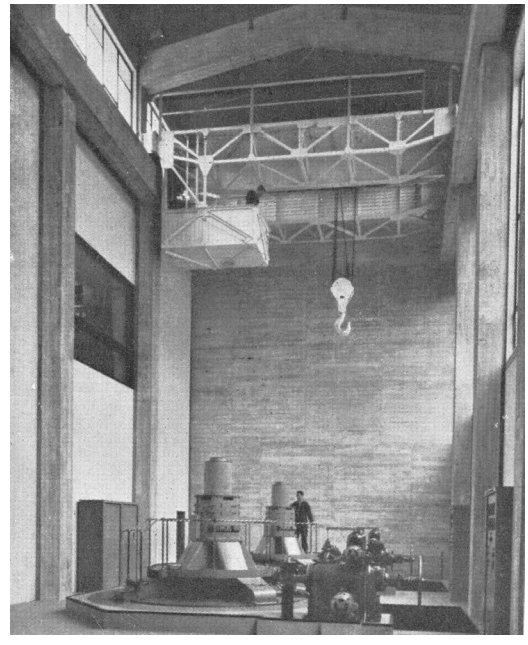


Figura 7
Sala de máquinas de la Central de Arenas de Cabrales (imagen del registro DOCOMOMO)

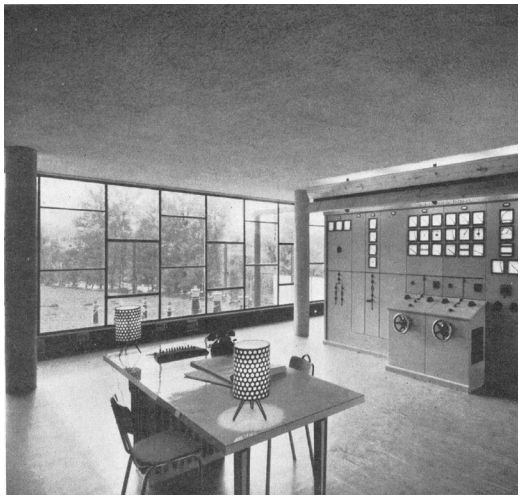


Figura 8
Sala de mandos de la Central de Arenas de Cabrales (imagen del registro DOCOMOMO)

Los ventanales con particiones seriadas a modo de las que realizó en los Alpes Gio Ponti se realizan con carpintería metálica simple de hierro pintado en dos tonos característicos de la obra de Castelao: marcos blancos y premarcos negros.

La puerta de entrada se enmarca con un voladizo de hormigón, y aparece una escalera que repetirá en las demás centrales: de estructura metálica de apariencia liviana y madera.

Se puede leer en el proyecto: "compuertas, escala salmonera, canales, tuberías, muros y edificios han sido tratados con la energía que el paisaje tiene, y en la jardinería nuestra única preocupación fue restablecer la Naturaleza" (Álvarez Castelao y Elorza 1962).

La sala de control está en otro volumen, en su entrada se sitúa la vidriera decorativa de Antonio Suarez de sección trapezoidal de casi 4 m de alto y 1,70 m de ancho con un fuerte carácter constructivo[9]. Desde la sala de máquinas se accede a las dependencias del personal: un pequeño volumen exento de una altura, situado en la fachada posterior del edificio, pensado para el disfrute del paisaje durante las largas permanencias del personal en la central.

El proyecto de Castelao incluye el diseño de las luminarias de las oficinas. Completa la intervención con tres chimeneas de salida de aire exentas en el exterior, con influencias del expresionismo orgánico y referencias a obras tan reconocidas, salvando la escala, como la propia cubierta con sus chimeneas de ventilación de la Unité d'Habitation de Marsella (1947-1952) (Álvarez Castelao y Elorza 1962).

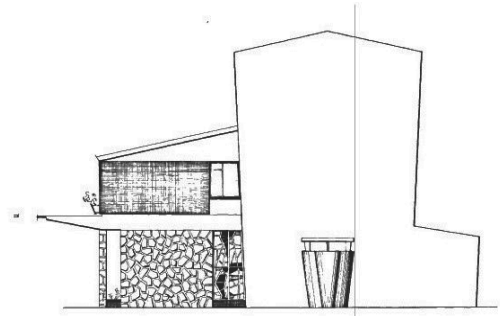


Figura 9
Alzado lateral. Proyecto A. Castelao

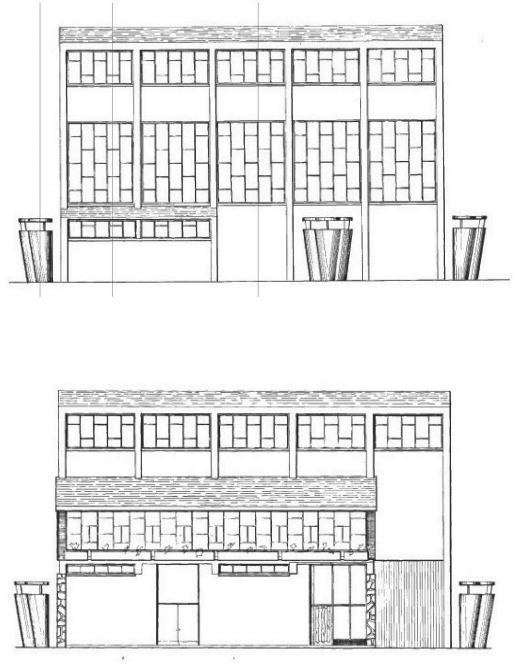


Figura10
Alzado de Proyecto

## Epilogo

Ignacio Álvarez Castelao (Cangas de Narcea 1910), formado en ingeniería de caminos y en arquitectura en la vanguardia de los años 30 es un arquitecto con gran conocimiento constructivo cuyas obras reflejan su vinculación con el movimiento moderno: podemos citar el Serrucho y el Serruchín (1956-58), los poblados de la Hermida, Navia (1961-1970) y Soto de Ribera, la facultad de Geología y la de Medicina en Oviedo, o la intervención en el Convento de Santa Clara para la Delegación de Hacienda (1960).

Castelao conoce las vanguardias y las tecnologías, domina los materiales, las posibilidades del acero y del hormigón, que utiliza en bruto concediendo protagonismo al material, domina la geometría, tiene un gran manejo de la luz, utiliza series matemáticas y tiene gran vocación de investigación lo que le lleva a patentar un forjado cerámico en 1942 y el nudo Castelao en 1958 utilizado en la estación de la Tenderina, Oviedo. Es un buen ejemplo del cambio de paradigma en el pensamiento arquitectónico, con referencias al movimiento internacional y a la arquitectura nórdica.

## Notas

1. Como en el resto de Europa la arquitectura industrial de posguerra supone la oportunidad para la introducción de la modernidad arquitectónica. Las salas de máquinas de las centrales suponen un campo de experimentación arquitectónica, tipológica incluso lingüística o simbólica pues en algunos casos se conciben como dispositivos retóricos que escenifican el "milagro" moderno de la "transfiguración" del agua a electricidad. (Quaderns García Pola).
2. Dos años antes La primera central hidroeléctrica que se construye es la de Northumberland, en Reino Unido en 1880, con la función de dar luz a una fábrica de cueros. Un año antes Edison consigue mantener encendida 48 horas la primera bombilla eléctrica.
3. Tony Garnier propone como fuente de energía principal para su Cité Industrielle (1899-1904) la energía hidroeléctrica.
4. Hubo un error, el canal es más corto de lo previsto y la altura del salto es de 225 m.
5. A finales de 1918 llegan camiones y máquinas.
6. Las ventanas con arco carpanel suponen la solución más económica y habitual para garantizar la entrada de luz en el interior.
7. La primera mención a una escala de peces es de 1908 en el salto de San Román en Ribadesella. La escala de salmones de Camarmeña supone perder por cada litro de agua 0,613 kwh de energía.
8. En España se cita como primer puente Vierendeel el de Riera de Caldas de 1933 (Villalba Granda 1933). La pasarela de Poncebos es de escasa entidad pero es coetánea a la central (1921)
9. Suárez diseñó una vidriera decorativa en la entrada de la sala de mandos. Se trata de una ventana de sección trapezoidal de casi 4 metros de alto y 1,70 de ancho, que se subdivide con nervios de hormigón en pequeños vidrios irregulares de distintas texturas: trasparente, traslúcido, esmerilado, rayado... y cubiertos con plásticos de colores primarios (azul, amarillo y rojo) pegados a su superficie. La vidriera tiene un fuerte carácter constructivo a causa de la retícula y a la fuerte presencia del hormigón en el que quedan rehundidos los vidrios, de tal manera que los nervios se convierten en las formas vertebradoras de una composición donde las posibilidades expresivas del color quedan parcial mente disminuidas

## Lista de referencias


Alonso Pereira, J.R. 1996. *Historia general de la arquitectura en Asturias*. Oviedo: COAA.

Álvarez Castelao, I. y Elorza, J. J. 1960. Salto de Silvón y Salto de Arenas. *Cuadernos de Arquitectura*, 41: 343-345.

Álvarez Castelao, I. y Elorza, J. J. 1962. Saltos de Arenas de Cabrales y Silvón. *Revista Arquitectura COAM* , 47: 23-26.

DOCOMOMO Registro Industrial de Fundación Docomomo Ibérico

García Braña, C. 2005. *Industria y arquitectura moderna en España, 1925-1965*. Barcelona: Fundación Docomomo Ibérico

Sobrino Simal, J .1991. *Arquitectura industrial en España 1830-1990*. Madrid: Cátedra.

Zubizarreta Gavito, M. 2001. Construcción del canal Caín-Camarmeña y de la senda del Cares: obra de titanes. Llanera: Asturgraf.

Villalba Granda, C. 1933. El puente Vierendeel, de la Riera de Caldas. *Revista de Obras Públicas*, 81, tomo I (2633): 477-482.

# Ventilación y estructura metálica en terrados y azoteas en edificios de entramado de madera en el casco histórico de Madrid

Ana Rodríguez García
Rafael Hernando de la Cuerda

El sistema constructivo y estructural de los edificios de viviendas del casco histórico de Madrid con muros de entramado de madera perdura y evoluciona durante varios siglos.

Los cambios de diversa índole que se producen a finales del siglo XIX y principios del XX, con el desarrollo de nuevos materiales en la construcción, la introducción de instalaciones de fontanería y saneamiento a partir de las Ordenanzas Municipales de la Villa de Madrid de 1892, y nuevas necesidades en la forma de vida, marcan una de las transformaciones más relevantes en este tipo de construcción, siendo el preludio de su desaparición final: la introducción localizada de viguetas de hierro y columnas de fundición en convivencia con la estructura de entramado de madera en muros interiores y forjados. Si bien es conocida la existencia de forjados con viguetas de hierro en doble T en zonas húmedas, por los tratados de la época, y memorias de proyectos, como refleja la investigación de Esperanza González Redondo, es un tema todavía poco estudiado.

El desarrollo de cubiertas planas o azoteas en edificios residenciales, como desahogo de las viviendas, va intrínsecamente unido a estos forjados con viguetas metálicas y a su ventilación.

La investigación y estudio de estos edificios no es fácil.[1] No siempre se encuentra la documentación original del proyecto, y cuando es posible acceder a ella es genérica y escueta sin pormenorizar detalles. Por otra parte, la realidad física de los edificios en la mayoría de los casos está oculta o ha sido alterada y destruida. Es por ello que la única posibilidad de comprobar la construcción real de estos edificios es cuando se realizan obras en ellos con un compromiso claro de datación y recuperación.

Esta investigación profundiza en el tema, en el caso de la ciudad de Madrid, a partir de las obras realizadas en algunos edificios en Lavapiés que han permitido constatar y recuperar el sistema de ventilación de azoteas, así como elaborar sus detalles constructivos, algo apenas referenciado en los tratados de la época, y no siempre mencionado en las memorias de los proyectos. Es una cuestión necesaria y pertinente, en un momento en el que muchas han desaparecido o se encuentran inutilizadas por desconocimiento de sus usuarios.

## Azoteas y desarrollo industrial

La cubierta plana, tal y como la conocemos actualmente, es una construcción moderna. Sin embargo, sus orígenes se remontan a las civilizaciones antiguas, bien en edificios monumentales como lugares de retiro y placer, bien en *terrados* de construcciones vernáculas preindustriales de medio mundo unidas a un uso agrícola o artesanal.

En la España rural la existencia de terrados ha sido amplia, y actualmente en vías de desaparición como la mayoría de las arquitecturas populares. Era común en el mediterráneo, pero también en el interior en zonas tan diferentes como el Pirineo o Extremadura.

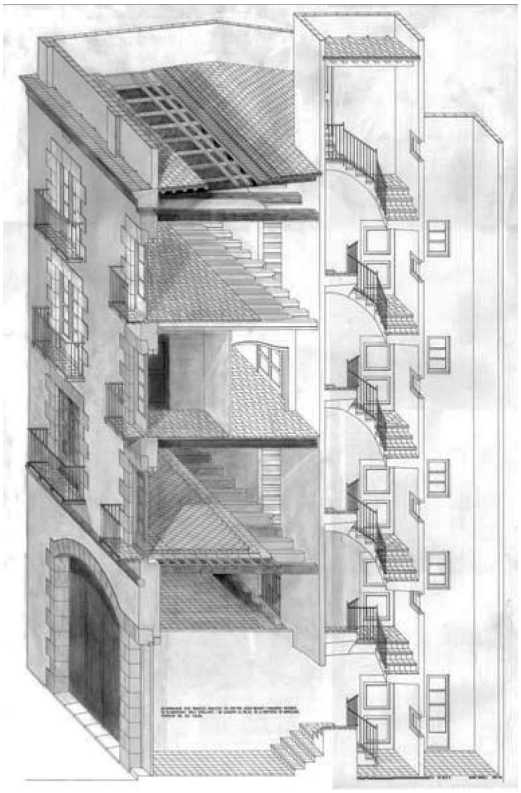


Figura 1
La 'casa d'escaleta' de finales del siglo XVIII en Barcelona. Ilustración Jaume Rosell (Graus 2005, 16)

Unido al desarrollo industrial y las transformaciones sociales, urbanas, arquitectónicas y constructivas que representó, el siglo XVIII propiciará un cambio en la tipología residencial de las ciudades. En el caso de Barcelona, con una fuerte industrialización, se pasará de la *casa artesana* a la casa *d´escaleta*.

Frente a la casa urbana medieval representante de una producción industrial pequeña, conocida como *casa artesana*[2] o *casa menestral*, en la que una familia con aprendices y criados vivían y convivían con sus actividades productivas en una única propiedad, Jaume Rosell Colomina descubrió la aparición, «en la Barcelona de 1780 –la que todavía era una ciudad rodeada por murallas y vigilada por dos grandes fortalezas militares (el castillo de Montjuïc y la Ciutadella)–, de un nuevo modelo de casa urbana adaptada

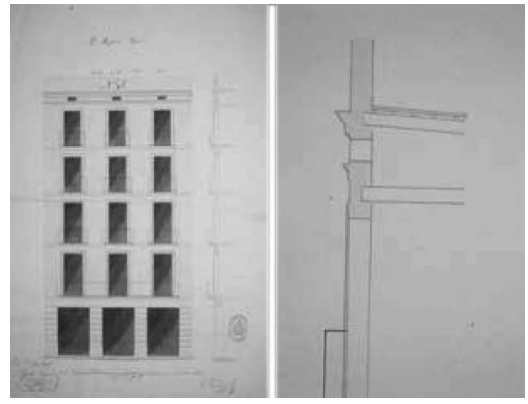


Figura 2
Casa de Rafael Segarra, Felip Ubach, 1859. Arxiu Municipal Administratiu de Barcelona, Pep Parer (Graus 2005, 17)

a la nueva realidad de la gran industria capitalista. Fue el modelo de casa de vecinos que, más tarde, fue el tipo dominante en los ensanches y que en el siglo XX ha tenido una extraordinaria difusión. Rosell ha llamado "casa d´escaleta"» (Roca Rosell 2012)

Con varias alturas, se estructura en torno a la escalera de acceso a viviendas independientes en cada una de las plantas y a la última con azotea, una de sus principales características. Respecto a la azotea de este tipo de viviendas y acompañando una ilustración del propio Jaume Rosell, Ramon Graus explica:

> Se trataba de una azotea formada por dos forjados de madera superpuestos que dejaban una cámara de aire ventilada entre los dos. El forjado superior estaba ligeramente inclinado y soportaba una solera de tres gruesos de "rajola" sobre rastreles. Esta solera descansaba directamente sobre las paredes perimetrales, de manera que los antepechos se disponían por encima y la solera podía dilatar libremente.
>
> …A finales de siglo XIX se sustituyen las vigas de madera por las de hierro y se elimina uno de los forjados, a la vez que la solera cerámica se dispone libremente sobre tabiques palomeros. (Graus 2005, 16-17)

En este mismo sentido Antonio Paricio Casademunt explica el proceso de construcción de terrados y azoteas desde el siglo XVIII en Cataluña. Estas edificaciones, construidas con fabrica en vez de con entramados, empiezan a incorporar la solución de azotea en la primera crujía de la última planta. Inicialmente se cons-

truyen dos forjados. El forjado inferior e interior es horizontal y similar a los otros forjados. El nuevo planteado es el superior y exterior e irá variando sucesivamente sus características hacia una solución más eficiente y óptima. Con el tiempo va disminuyendo su pendiente e incluso cambia la dirección hacia donde desagua.

La ventilación se producía entre la fachada y los patios interiores con una circulación de aire que desecaba cualquier filtración de agua que se produjera.

Inicialmente la estructura era de madera y posteriormente se realiza con perfilería metálica, desapareciendo a partir de principios del siglo XX el soporte independiente del tablero superior que se sustituye de manera generalizada por tabiquillos «conejeros» que soportan dicho tablero superior.

La cubierta ventilada, conocida ya en la época como «cubierta a la catalana», estaba formada por dos forjados, inicialmente de madera y posteriormente de perfilería metálica. El forjado en contacto con el interior del edificio era horizontal y los senos de los revoltones solían ser huecos. Al principio el forjado exterior se formaba con una pendiente del 6% al 8% hacia el interior del edificio, según las ordenanzas municipales, y posteriormente con salida de aguas por el exterior de la fachada. A diferencia del anterior, este forjado estaba constituido por un tablero de tres gruesos de rasilla apoyado en la parte superior de las viguetas y «atacado» a los perímetros, en un proceso de «degradación conceptual» al coartarse las dilataciones. La ventilación propiamente dicha se producía por la fachada y los patios interiores, creando así una circulación de aire que desecaba cualquier filtración que se produjera por el tablero. Esta clase de cubierta perduró hasta 1930, con la variante de que a partir de principios de siglo se sustituyeron las viguetas que soportaban el tablero por tabiquillos conejeros apoyados en el forjado interior (Paricio Casademunt 1998, 376).

## Azoteas en los tratados de construcción de su tiempo

### Manual del albañil de Ricardo Marcos y Bausá, 1879

Ricardo Marcos y Bausá, en el Manual del Albañil de 1879, dedica el Capitulo XVI a las fábricas de entramado en donde explica la sustitución de la madera por hierro.

> El hierro sustituye también a la madera en todas las piezas de los entramados, en las construcciones modernas, por la mayor resistencia. que sobre aquella tiene, lo que permite espaciar considerablemente los apoyos, disminuir el espesor de estos y dar más ligereza. a las obras, sin que por ello pierdan en solidez, antes bien se reducen en no pequeña escala, las eventualidades terribles á que por los incendios se hallan expuestos los entramados de madera (Marcos y Bausá 1897, 186-87)

### El Tratado de Construcción Civil de Florencio Ger y Lóbez 1898

El Tratado de construcción civil de 1898 de Ger y Lóbez, uno de los más representativos de su momento, dedica el Artículo XVIII del Capítulo V a la construcción de azoteas en los epígrafes 1312 al 1329, y especialmente del 1312 al 1318.

Define las azoteas como cubiertas de poca pendiente (3-10 por 100), y especifica la mejora de los usuarios de la edificación con el disfrute de buenas vistas y de aire fresco y puro, en el epígrafe 1312 de *Reglas generales*. Específica aspectos constructivos prácticos y nombra la utilización de cabríos de hierro, por el mayor peso permanente de las azoteas que han de cargar sobre ellos y su mayor posibilidad de flexión, tanto en el caso de la acepción común de cabríos de madera como en el caso de que sean de hie-

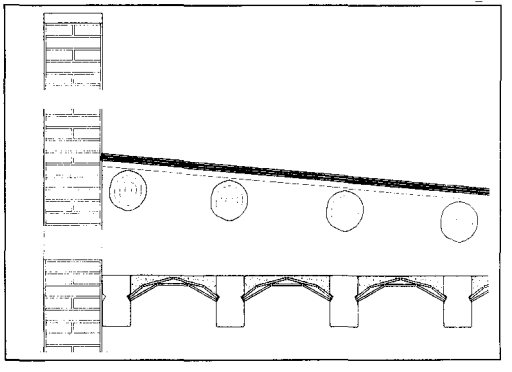


Figura 3
Cubierta ventilada, conocida ya en la época como «cubierta a la catalana», formada por dos forjados, inicialmente de madera y posteriormente de perfilería metálica (Paricio Casademunt 1998, 376)

rro. Aconseja no distanciarlos y colocarlos de secciones generosas. Para que el solado mantenga la impermeabilidad, extrema las precauciones con el comportamiento de la madera y del hierro con los cambios atmosféricos.

> Al proyectar y construir una azotea, es preciso tener presente, que, si está expuesta al Norte y no es bañada por el sol, se reconcentra la humedad en los materiales de su solado cuando es de fábrica y no pudiendo evaporarse cría una especie de moho que ensancha poco a poco los poros de la fábrica y la hace esponjosa y permeable. Las vertientes de una azotea se subordinan a los tubos de bajada de las aguas, cuando aquélla da a la fachada de una casa, sea interior sea exterior. Como las azoteas son unos pisos al aire libre, los materiales con que se revisten no pueden tener traslapos muy salientes, porque embarazarían el uso. El peso permanente que carga sobre los cabrios hace que éstos se pandeen con el tiempo, aun cuando sean de hierro, y es preciso por lo tanto no escasear su número y resistencia. Aun así, el vicio que toma la madera con los cambios atmosféricos y las dilataciones y contracciones del hierro, producen movimientos que desunen los materiales y se traducen en grietas por donde se filtra el agua á la parte inferior. El solado debe presentar, pues, completa impermeabilidad, al mismo tiempo que la elasticidad necesaria para no resquebrajarse o desunirse los materiales y de aquí la gran dificultad en la construcción de las azoteas y que haya casi tantos métodos para ello cuantas son las localidades donde se acostumbran establecer (Ger y Lóbez 1898, 417).

Continua con *Azoteas sobre bóvedas* y *Azoteas formadas de capas horizontales de ladrillo* en los epígrafes 1313, 1314 y 1315.

En la primero analiza especialmente soluciones en relación con la estabilidad de las bóvedas, sus asientos, así como la impermeabilidad y la canalización del agua que pudiera filtrarse hacia una canal maestra A (figura 4). También soluciones de emplomados,

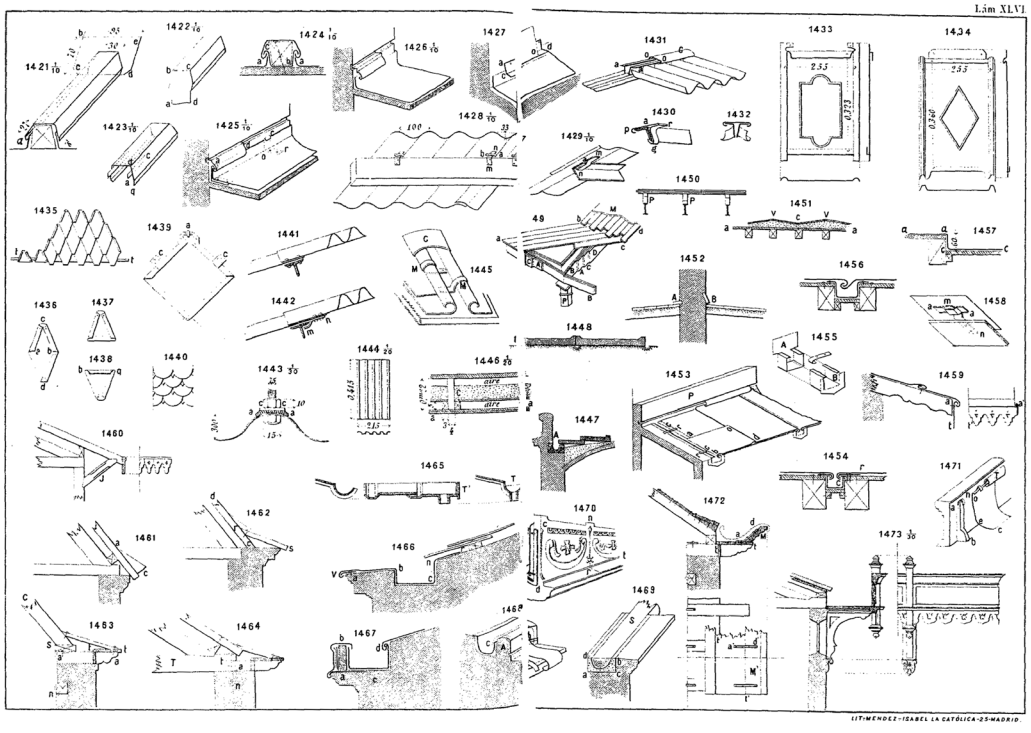



Figura 4
*Tratado de Construcción Civil de Florencio Ger y Lóbez 1898*. Figura de canal maestra A 1447 en Lamina XLVI

capas de hormigón o asfaltados según el clima, todos ellos con su puesta en obra.

En el segundo explica soluciones con capas de cales hidráulicas, cementos Portland, y capas de ladrillo sobre arcos de ladrillo, viguería de hierro y viguería de madera. Explica los sucesivos pasos de su construcción y una especie de losa artificial que descansa sobre la viguería y puede considerarse como empotrada por su perímetro en las paredes que limitan la azotea.

En la tercera introduce los tabiques de panderete para la configuración de la pendiente del tablero superior apoyándose en una cuestión estética.

> El envigado, en lo acabado de explicar, tiene la pendiente de la azotea, presentando por debajo el feo aspecto de un techo inclinado, y para evitar el falso techo horizontal que exige este defecto, se colocan las viguetas á nivel como las de un piso, y sobre ellas se levantan tabiques de panderete (fig. 1450), cuyo enrase superior tenga la inclinación de la azotea. Estos tabiques, en su parte más alta, no deben tener más de 30 a 40 centímetros sobre las viguetas, llegando a 0 si la losa artificial monolítica apoya en los puntos de desagüe sobre la misma vigueta. Conviene forjar estos tabiques con mezcla hidráulica para asegurar su duración y empotrar sus extremos en los muros (Ger y Lóbez 1898, 418).

Traslada también los datos de las experiencias realizadas por ingenieros militares del comportamiento estructural de los tableros de tres (10 cm) y cuatro capas (14 cm) de ladrillo con diferentes distancias de apoyo (0,75 metros-0,50 metros).

En el epígrafe 1316. *Azoteas de cemento y hierro* (figura 5) explica la solución con suelo de hormigón hidráulico y de cemento armado con varillas de hierro de 5 milímetros colocadas cada 10 cm envueltas en una capa de mortero de cemento y arena de 45 milímetros de grueso, y colocado sobre viguetas de hierro separadas un metro entre sí. Considera esta solu-

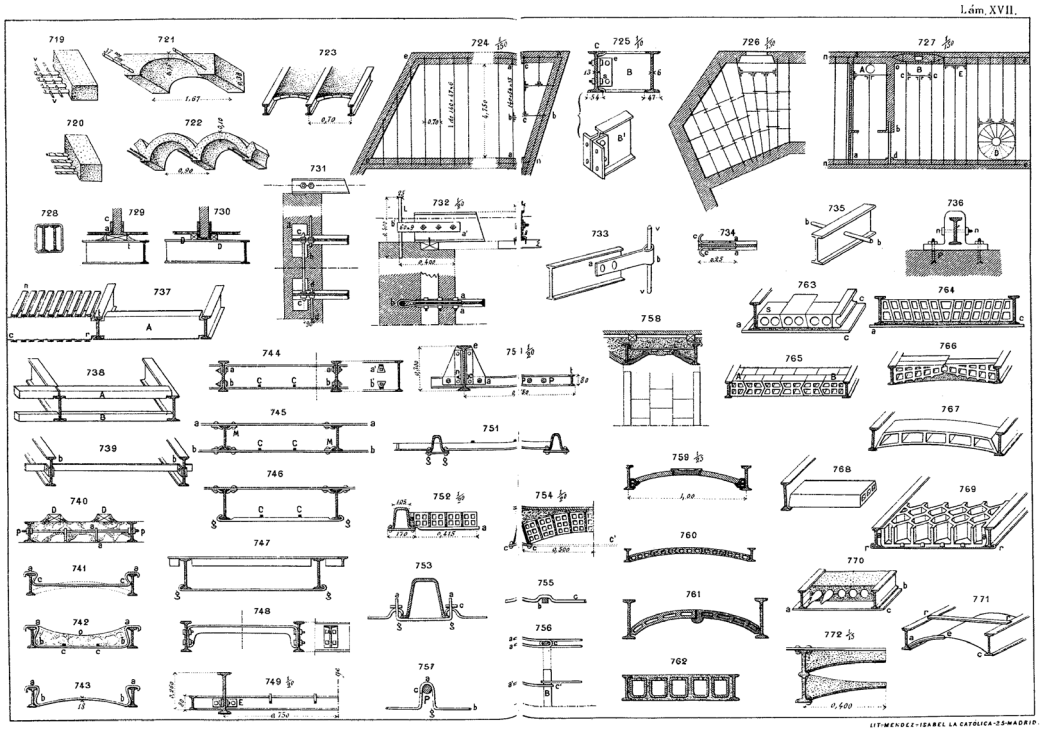



Figura 5
*Tratado de Construcción Civil de Florencio Ger y Lóbez 1898*. Figuras 719 a 722 en Lamina XVII

ción de aplicación en azoteas ya que proporcionan cubiertas completamente impermeables.

En el epígrafe 1317. *Azoteas sobre madera*, llama la atención sobre la dificultad de compaginar el diferente proceder del tablero con la estructura de madera por sus diferentes dilataciones, el posible agrietamiento de la capa impermeable y la perdida de estanqueidad y generación de goteras.

Aunque aporta algunas opciones como la de colocar un segundo solado o la colocación de varillas con distancias y espesores de 5 y 6 centímetros que aumentan su resistencia estructural, no las considera adecuadas en relación con la impermeabilidad ya que estos materiales saturados de agua permiten su paso y producen una rápida pudrición de las maderas generando que las habitaciones cubiertas sean malsanas. Para evitar esto especifica la necesidad de sentar cualquier solución de tablero sobre mortero hidráulico que aumente su impermeabilidad. Aboga por una construcción con una mayor estanqueidad, llamándola, de hecho, «completa impermeabilidad» para obstruir los pelos y grietas que el movimiento de la madera produce de continuo. Para ello plantea dos posibles opciones siendo la primera la aplicación de manos de cal como para blanquear las paredes y la segunda aplicando una capa con mezcla común de arena y con cal del país, que es algo hidráulica, a la que se agrega una parte de cemento Portland al extenderla.

Por último, en los epígrafes 1318 a 1329 se explican diferentes soluciones experimentadas en ciudades españolas y en otros países acabando con las experiencias de impermeabilización con azoteas con suelo metálico, revestidas de asfalto o con cubiertas de cartón, que adquirirán mayor importancia con posterioridad fuera del intervalo de tiempo que nos ocupa.

De esta forma, el tratado aporta un catálogo de soluciones posibles en función de los diferentes materiales empleados en el soporte estructural y en los materiales de acabado para conseguir la deseada total impermeabilización.

## Azoteas en el debate arquitectónico de su tiempo

La opinión social favorable a la construcción de los edificios con azoteas a finales del XIX y principios del siglo XX y sus derivadas en el debate arquitectónico quedan reflejadas en el «Informe de la Sociedad Central de Arquitectos, contestando a la consulta del Excmo. Ayuntamiento de Madrid. sobre la conveniencia de declarar obligatorias a las azoteas en las construcciones de nueva planta y en las que se reformen», realizado por los arquitectos Daniel Zabala, José Elías y Carlos Maura con el visto bueno de Vicente Lamperez como presidente y publicado en el *Boletín de la Sociedad Central de Arquitectos* en 1910.

El informe de carácter negativo ante la consulta realizada por el Ayuntamiento desmenuza distintos factores a tener en cuenta.

Fundamentalmente se opone al no ser conveniente ni de fácil aplicación a los distintos tipos de edificios. También porque de implantarse dicha medida se coartaría la creatividad del arquitecto en el proyecto y afectaría desfavorablemente a la imagen urbana.

Así mismo pone en duda la idoneidad de este tipo de soluciones en lugares con la climatología de Madrid y a su vez concluye que su utilización generalizada no es determinante para la mejora de la salubridad. Pero en lo que hace hincapié es en la cuestión económica al resultar la azotea una solución más cara que las tradicionales cubiertas inclinadas.

> Queda todavía un punto de vista esencial, que es el económico, de tal capital importancia hoy que por si solo bastaría para desechar la obligación que trata de imponerse a la edificación. Las azoteas. Por las condiciones atmosféricas de Madrid, principalmente la sequedad del aire en algunas épocas y la brusquedad en los cambios de temperatura, exigen una construcción especial, que resulta más costosa que las cubiertas ordinarias, si ha de dar buenos resultados: pero, además, las cubiertas van unidas a la disposición y distribución del resto del edificio, y las inclinadas usuales dejan espacios o locales necesarios para desahogo de las viviendas más indispensables en habitaciones de poco precio y de pequeño numero de cuartos, y sobre todo en la que tienen sótanos utilizables para estos menesteres (Zabala, Elías y Maura 1910).

## Casos de estudio en Madrid. La azotea ventilada del edificio en la calle Argumosa 16

El edificio de viviendas de la calle Argumosa 16,[3] se encuentra situado en Lavapiés, una de las zonas más singulares del centro de Madrid, con un tejido en manzana cerrada característico de la ciudad histórica, en este caso de gran densidad.

El edificio de los primeros años del siglo XX, incluido en el Catálogo de Edificios Protegidos del Plan General de Ordenación Urbana de Madrid, es entre medianeras, con fachada a las calles Argumosa y Sombrerería.

Las 23 viviendas se organizan en torno a cuatro patios, todas son exteriores y disponen desde su origen de cuarto de baño y cocina independientes. No existe infravivienda ni por superficie ni por condiciones higiénicas.

El sistema constructivo/estructural del edificio, es característico del casco antiguo de Madrid, con muros de carga exteriores de ladrillo de gran espesor, y muros interiores de entramado de madera, así como los forjados y la estructura de cubierta.

Las fachadas a la calle son de ladrillo visto, macizo aplantillado, con profusa decoración en el aparejo de la fábrica, típica madrileña de ese periodo. Arrancan de un zócalo de piedra de granito con sillares bien labrados, y se rematan en cubierta con potentes aleros de canes de madera que caracterizan en gran medida la imagen del edificio.

El estado de conservación de la estructura es en general bueno, en gran parte por la calidad de su construcción. Sin embargo, el aspecto general y el conjunto de las instalaciones estaban obsoletos y en un estado pésimo, por desafortunadas reformas y falta de mantenimiento, y no cumplían ningún requisito para la vida contemporánea (Rodríguez García y Hernando de la Cuerda 2011, 78-79)

## El Expediente del Archivo de Villa

La documentación del proyecto del edificio de la calle Argumosa 16, se encuentra en el *Archivo de Villa*, también conocido como Archivo General de la Villa de Madrid -en adelante AVM – con el número de inventario 17-41-4.[4]

El expediente se inicia con la solicitud de comprobación municipal de la posición del zócalo de cantería y de la licencia el 26 de mayo de 1909, por parte del promotor Vicente Gómez. El proyecto lo firma Pablo Sanchez y Alonso-Gasco, arquitecto de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, según consta en el certificado final de obra de fecha 30 de enero de 1910.

La memoria consta de tres paginas manuscritas, y en relación con las cuestiones constructivas del edificio prescribe:

La construcción material estará constituida, en fachadas, traviesas y medianerías por ladrillo santo[5] escafilado y mortero hidráulico, sobre los que en fachadas se asentaran los zócalos reglamentarios de piedra berroqueña continuando aquellos con fábrica de ladrillo recocho al descubierto la de la calle Sombrerería y de igual material refrentado de fino la de Argumosa, terminando ambas con alero madera.

Las traviesas y medianerías serán entramadas de madera, rellenando sus cuarteles con ladrillo y yeso, excepto en planta baja la parte que va diáfana con columnas de hierro fundido, y las medianerías que irán de fabrica de ladrillo y cal.

Todos los cuartos tendrán sus cocinas con las campanas y subidas de humos independientes, y los retretes serán inodoros y provistos de su servicio de agua.

En las cocinas o donde se juzgue más apropósito se colocarán fuentes con pilas de hierro esmaltado teniendo

Figura 6
Detalle de fachada de ladrillo del edificio en la calle Argumosa 16 en Madrid. Fotografía de los autores

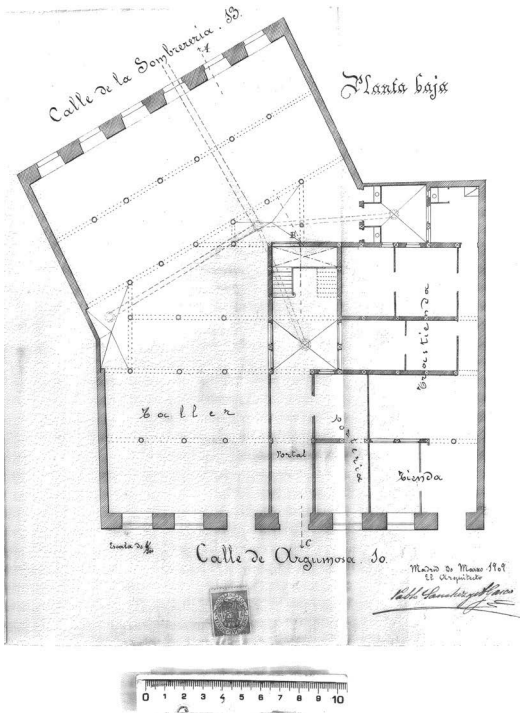



Figura 7
Planta baja del Proyecto del edificio en la calle Argumosa 16, 1909. Escala 1/100. AVM numero de inventario 17-41-4

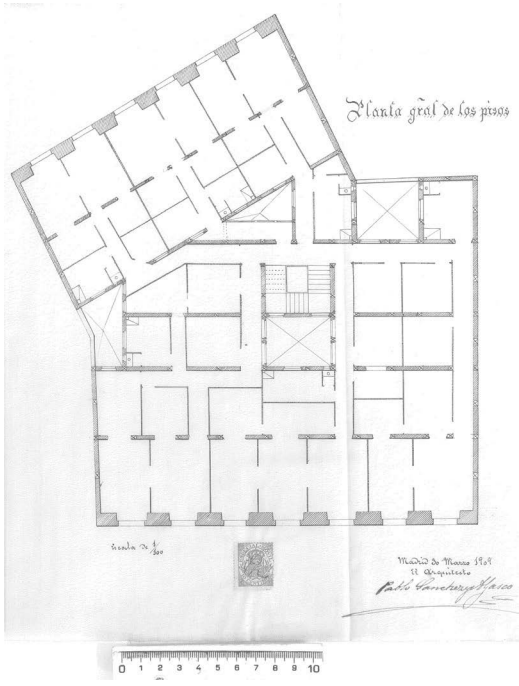



Figura 8
Planta general de los pisos del Proyecto del edificio en la calle Argumosa 16, 1909. Escala 1/100. AVM numero de inventario 17-41-4

en los desagües sus sifones adecuados para evitar la comunicación directa con las atargeas.

Estas que se harán de buen ladrillo recocho con sus suelos y cítaras revestidos de portland según está preceptuado, conducirán las aguas tanto sucias como pluviales a la alcantarilla general que pasa por la calle de la Sombrerería, en razón a la mayor inclinación que de esta manera se puede dar a aquellas.

Todos pozos de registro llevarán su correspondiente sifón sumidero.

La carpintería de taller será a la italiana en general: y la de armar consistirá en los precitados entramados verticales que serán de tercia en planta baja; de sesma en principal y segundo, y de media vigueta en lo demás; en los entramados horizontales que se harán con maderas del mares correspondiente a las luces de crujías en que van colocado, y que se forjarán con cascote y yeso, excepto en el techo del sótano y pisos de cocinas y retretes que en vez de maderos serán vigas de doble T de hierro laminado y bovedillas de ladrillo hueco. Las armaduras serán de par hilera la tercera crujía de la calle Argumosa, y las demás de par y picadero, entabladas y pobladas de teja árabe. La escalera irá a la francesa con cubillos, siendo los balaustres que constituyen la barandilla de codillo y el pasamanos de madera barnizada.

En planta baja las ventanas llevarán rejas y las puertas cierres metálicos excepto la puerta de entrada que será de madera con reja en lugar de dos de sus tableros, uno en cada hoja.

Nada se dice de la decoración de las fachadas porque de ella puede juzgarse por los planos que de las mismas se acompañan.

Estas ligeras indicaciones, el que suscribe cree sean suficientes para formarse idea de la obra proyectada y espera de la superioridad se digne concederla su aprobación.

Madrid, 30 de marzo de 1909 (Sanchez y Alonso-Gasco 1909)

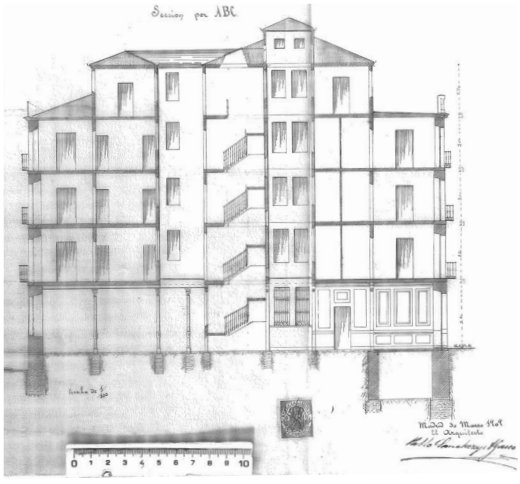



Figura 9
Sección por ABC del Proyecto del edificio en la calle Argumosa 16, 1909. Escala 1/100. AVM numero de inventario 17-41-4

## La solución encontrada de azotea ventilada en origen

La azotea del edificio ocupa la primera crujia hacia la calle Argumosa de 20,15m, mientras que hacía calle posterior Sombrererría de 15,82m, la crujía correspondiente se solventa mediante un faldón de cubierta inclinada. Tiene sotabancos retranqueados en las crujías interiores respecto a las fachadas, en los que los muros exteriores son de entramado de madera al igual que los interiores. Geométricamente es un rectángulo de 20,15m x 3,70m, dividido en tres terrazas mediante rejerías: dos pertenecientes a viviendas y una tercera de mayor tamaño a la Comunidad de Propietarios desde donde se accede al resto de la cubierta.

La azotea, orientada a norte, queda confinada transversalmente con un trasdosado hasta 1,20m en las medianeras de las fincas colindantes, y longitudinalmente por el muro entramado del sotabanco y el frente de la calle Argumosa rematado por pilastras de

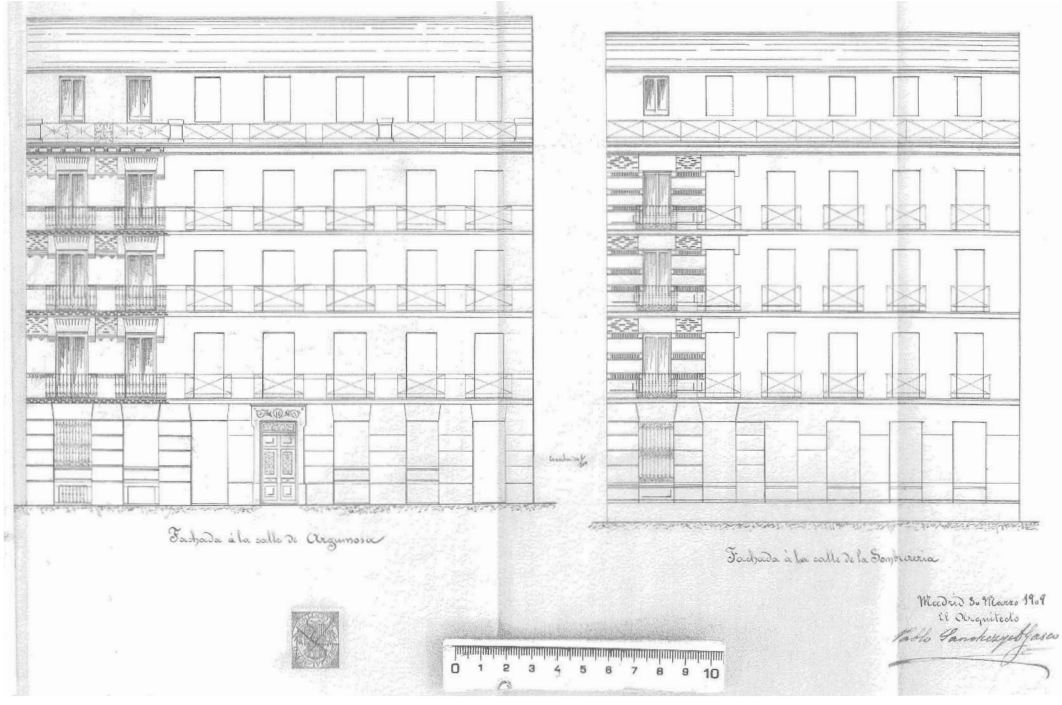



Figura 10
Fachadas a las calles Argumosa y Sombrereria del Proyecto del edificio en la calle Argumosa 16, 1909. Escala 1/100. AVM numero de inventario 17-41-4

Figura 11
Planta de cubiertas del edificio en la calle Argumosa 16. Elaboración por los autores en 2006

ladrillo y barandillas de hierro forjado, sobre el recubrimiento de zinc del muro y el alero.

La intervención en esta parte de la cubierta se debió a la aparición de una importante gotera en el 3º A junto a la medianera con la finca colindante Argumosa 18.

El pavimento de baldosín catalán estaba deteriorado y agrietado por el tiempo, con verdín en las zonas

Figura 12
Imagen de la azotea antes del comienzo de las obras con la división entre viviendas. Fotografía de los autores

Figura 13
Imagen de la azotea antes del comienzo de las obras sin la división entre viviendas en la que se aprecia las pendientes en dos cuarterones de la terraza, para desaguar en dos puntos. Fotografía de los autores

Figura 14
Detalle del sistema constructivo original de la azotea donde se aprecia la ventilación en el trasdosado de la medianería con Argumosa 18, los tabiquillos de ladrillo con una sola pendiente para desaguar en la línea de fachada y con perforaciones para la ventilación longitudinal asi como las vigas metálicas del forjado. Fotografía de los autores

Figura 15
Detalle del sistema constructivo original de la azotea donde se aprecian los tabiquillos de ladrillo con una sola pendiente para desaguar en la línea de fachada, con perforaciones para la ventilación longitudinal, así como las vigas metálicas del forjado. Colocación del nuevo tablero metálico y capa de mortero de cemento base de la impermeabilización con lamina EPDM. Fotografía de los autores

Figura 16
Detalle del sistema constructivo original de la azotea donde se aprecia la ventilación en el trasdosado de la medianería con Argumosa 18, los tabiquillos de ladrillo con una sola pendiente para desaguar en la línea de fachada con perforaciones para la ventilación longitudinal, asi como las vigas metálicas del forjado. Colocación del nuevo tablero metálico y capa de mortero de cemento base de la impermeabilización con lamina EPDM. Fotografía de los autores

húmedas y fisuras, tal y como se describe en el tratado de Ger y Lóbez.

La pavimentación se disponía con una junta de dilatación en el centro dividiendo en dos la terraza, y a su vez cada cuarterón tenía dos pendientes formando limahoya en diagonal hacia las dos recogidas de agua en las esquinas del muro de fachada.

El levantado de las capas superficiales, corroboró nuestra sospecha de que la disposición de las pendientes descrita anteriormente no era la original del edificio, sino una modificación realizada posteriormente. Lo que apareció fue lo siguiente: Sobre un forjado de viguetas metálicas en doble T, equivalente aproximadamente a IPN 160, colocadas perpendiculares a la fachada y separadas entre si aproximadamente 1 metro, apareció un sistema de tabiquillos tipo palomeros de ladrillo macizo, posiblemente recocho, formando una única pendiente hacia un canalón junto al muro. Estos tabiquillos de pendiente con perforaciones posibilitan la ventilación de la azotea en sentido longitudinal con aperturas en el tabique de trasdosado de las medianeras (las cuales habían sido cegadas e inutilizadas), dispuestos así precisamente para dicha función. Sobre los tabiquillos, dos capas de rasilla más la de pavimento también cerámico.

Una obra realizada con posterioridad cambió las pendientes sin cambiar el sistema original descrito, formando nuevos planos inclinados con mortero de cemento y terminación de catalán. Una vez entrado el agua y humedecido esos espesores sin ventilación, el deterioro del sistema afectó hasta el forjado, especialmente agrietando su entrevigado en esa zona.

De forma sintética nuestra intervención consistió en levantar la solución superpuesta a la original, incluido el tablero cerámico sobre los tabiquillos, reparar las zonas afectadas, y hacer un nuevo tablero cerámico sobre el que se impermeabilizó con una lamina continua de EPDM. Sobre ella una capa de mortero y el pavimento final. También se recuperó la ventilación existente en origen.

Un sistema similar al descrito se ha recuperado también en el numero 14 de la misma calle. En este caso rematando una ampliación en altura del edificio.

## Reflexiones finales

Este tipo de edificios en Madrid han sido todavía poco estudiados por lo que se ha considerado perti-

nente desarrollar brevemente la descripción de los cambios tipológicos en la casa urbana de Barcelona. A pesar de las diferencias constructivas existentes entre las dos ciudades, el cambio tipológico hacia la casa de pisos y desarrollo de las azoteas seguramente fue similar en ambas con el crecimiento en altura de los centros históricos anterior a los ensanches.

También somos conscientes que el análisis de pocos casos no permite obtener conclusiones determinantes, pero precisamente por lo explicado anteriormente, consideramos importante datarlos y analizarlos aportando información que pueda dar pie a investigaciones posteriores. En este sentido se expone en este texto el edificio de Argumosa 16, por ser «canónico» y claro, pero lo expuesto está a su vez corroborado con otras obras realizadas en diferentes edificios.

Comparando las prescripciones definidas en la memoria del proyecto, con lo realmente construido, se comprueba que no todas se cumplen, algo que también hemos podido comprobar en otros edificios. La memoria indica que las medianeras con los colindantes serán de fábrica de ladrillo sin madera en planta baja. Sin embargo, la realidad física demuestra que el entramado de madera de la medianera también se dispone en esta planta, contraviniendo a su vez el cumplimiento de las Ordenanzas Municipales de la Villa de Madrid de 1892, que como precaución contra incendios en casas de nueva planta en su Art. 734. determina con claridad que «los muros contiguos a otras propiedades serán de fábrica de ladrillo o entramados con hierro, excluyéndose en absoluto el empleo de la madera».

Lo que demuestra que, si bien es necesaria y valiosa la documentación de archivo, de forma aislada no es determinante en el conocimiento preciso de los realmente construido.

En este mismo sentido, es de reseñar que mientras en la memoria del proyecto se especifica «excepto en el techo del sótano y pisos de cocinas y retretes que en vez de maderos serán vigas de doble T de hierro laminado y bovedillas de ladrillo hueco», no se menciona el forjado de la azotea, también construido de esta forma. De hecho, en ningún caso se hace referencia a la misma.

De la documentación estudiada, podríamos determinar tres elementos clave en el desarrollo de estas cubiertas: el material de la estructura horizontal que la constituye, existencia de ventilación, y materiales de acabado. Los estudios realizados sobre la casa de vecinos en Barcelona, parecen hacer hincapié en la evolución de las azoteas hacia la estructura metálica, mientras que el tratado de Ger y Lóbez, pone mucho énfasis en que el material de acabado sea estanco e impermeable, estando sometido a importantes dilataciones y posibles agrietamientos por los que pudiera entrar agua.

## Notas

1. Ver González Redondo 2014.
2. La «casa artesana» representa el arquetipo de la forma tradicional de la residencia en la ciudad preindustrial europea, caracterizada especialmente por la ambigüedad de vivienda y unidad de producción, es decir: La casa aloja toda una familia que con frecuencia cohabita con otras personas de su entorno más próximo. El solar y la edificación son una propiedad unitaria, con un único núcleo de acceso desde el exterior y especialización vertical de los pisos, ya que existe una actividad artesana o mercantil integrada en los espacios generales de la casa. https://es.wikipedia.org/wiki/Casa_artesana
3. Antes Argumosa nº10.
4. Consta de cuatro planos (planta baja, planta tipo, sección y alzados), la Memoria del proyecto, el certificado final de obra y el expediente administrativo con solicitud de licencia, informes de técnicos municipales, etcétera.
5. *Ladrillo santo*. Aquel que ha recibido un grado de cocción excesivo, lo que provoca un aspecto más negruzco del habitual y una forma algo retorcida. Este tipo es elaborado con arcilla rica en cal y óxido férrico y, posteriormente, cocido hasta la vitrificación, adquiriendo así las propiedades de dureza idóneas para construcciones hidráulicas. El ladrillo santo, también llamado azul, azulado o de hierro, requiere ser utilizado con mortero hidráulico. http://tesauros.mecd.es/tesauros/bienesculturales/1106367

## Lista de referencias

Ger y Lobez, Florencio. 1898. *Tratado de Construcción Civil*. Badajoz: La Minerva Extremeña.

González-Redondo, Esperanza. 2014. De la construcción entramada a la introducción de estructuras metálicas en Madrid. *Informes de la Construcción,* 66(534): e025. doi: http://dx.doi.org/10.3989/ic.12.100.

Graus, Ramon. 2005. *La cubierta plana, un paseo por su historia.* Catalogo de la exposicion del mismo nombre. Barcelona: Texsa y Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

Marcos y Bausa, Ricardo. 1879. *Manual del Albañil*. 3.ª ed. Madrid: Tipografía de Gregorio Estrada.

Roca Rosell, Francesc. 2012. La 'casa d´escaleta'. *L´Economic. El punt avui,* 6 octubre 2012.

Rodríguez García, Ana y Rafael Hernando de la Cuerda. 2011. Rehabilitación y transformación interior en el edificio de viviendas de la calle Argumosa 16, Madrid, España. *XVII Bienal Panamericana de Arquitectura de Quito. La Bienal Abierta. La arquitectura rompe sus fronteras,* 78-79, 166. Quito: Edita Colegio de Arquitectos del Ecuador, provincial de Pichincha.

Sanchez y Alonso-Gasco, Pablo. 1909. Memoria del proyecto para la construccion de una casa en el solar de la calle Argumosa nº10. AVM Exp.17-41-4.

Paricio Casademunt, Antoni. 1998. La cámara ventilada como recurso constructivo durante el siglo XIX en Barcelona. *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción, A Coruña*, 22-24 octubre 1998, eds. F. Bores, J. Fernández, S. Huerta, E. Rabasa, Madrid: I. Juan de Herrera, SEdHC, U. Coruña, CEHOPU, 1998

Villanueva, Juan de. 1827. *Arte de albañilería*. Madrid: Oficina de Don Francisco Martínez Dávila.

Zabala, Daniel; Elías, José y Carlos Maura. 1910. Informe de la Sociedad Central de Arquitectos, contestando a la consulta del Excmo. Ayuntamiento de Madrid. sobre la conveniencia de declarar obligatorias a las azoteas en las construcciones de nueva planta y en las que se reformen. En: *Boletín de la Sociedad Central de Arquitectos*. Madrid. (1910). Suplemento al número 214 (1910) de la revista Arquitectura y Construcción inserto al final del tomo correspondiente.

# Arquitectura hacendaria del siglo XIX: El caso de la Ex Hacienda el Molino en Michoacán, México

Claudia Rodríguez Espinosa
Juan Antonio Estrella Pozo
Erika Elizabeth Pérez Múzquiz

Cada época de la historia de la arquitectura está conformada por una serie de particularidades en el modo de construir, expresadas en los materiales, las herramientas, la mano de obra, el procedimiento y ejecución de las formas estructurales y constructivas de la edificación; esto con base en el grado de desarrollo y conocimiento sobre la materia y la forma estructural. El propósito del análisis del sistema constructivo es conocer los diferentes elementos que integran la estructura constructiva y los materiales, con la finalidad de entender las características sobresalientes.

Localizada en Vista Hermosa de Negrete, Michoacán, México, la Casa Principal de la Ex Hacienda El Molino, es un inmueble de la segunda mitad del siglo XIX, construido en adobe, cantera, ladrillo y madera. Forma parte de un conjunto urbano-arquitectónico de gran valor, que se constituye como origen de la localidad; es de los pocos conjuntos hacendísticos que mantienen la totalidad del partido arquitectónico aún en pie, y cuyo sistema técnico-constructivo y estético-formal ha sido poco alterado, presentándose como un testimonio fiel del periodo denominado porfirismo. Este inmueble funcionó como residencia temporal del hacendado; sin embargo, a raíz de la Revolución Mexicana y la posterior Reforma Agraria, terminó pasando al recién creado Municipio de Vista Hermosa. Los mayores deterioros y alteraciones han sido producto del abandono de los últimos veinticinco años.

Esta comunicación busca presentar las características constructivas de esta obra del siglo XIX, se muestra el análisis de los materiales y sistemas constructivos con los que esta edificada la Casa Principal de la Ex Hacienda El Molino; partiendo de una caracterización, es decir, la descripción de las características fundamentales de los materiales y el sistema constructivo.

## Antecedentes históricos de la hacienda en México

La palabra hacienda, proviene del latín *facienda* cuyo significado puede remitir a cosas por hacer, pero en una acepción más general está vinculado a una posesión material, (Gómez 2006, 211), esto como bien o riqueza (von Webeser 1989, 49-50) y en específico de propiedad rural durante el siglo XVI y XVII (Chevalier 1999, 378).

Se reconoce que inicialmente el término de hacienda tuvo un significado ambiguo; aún hoy el término es bastante discutido para la historia regional mexicana, dado que se observan múltiples orígenes e interpretaciones; inicialmente se denominó a un tipo de propiedad rural cuando esta lograba acumular suficiente riqueza (Monterubio 2007, 65), en otros casos como riqueza móvil de un ganadero (Aguilar 2006, 1236); sin embargo, como menciona Nickel, el concepto aglutina una idea de explotación, sin distinción del tipo de actividad: extractiva o de producción (Nickel 1978, 24-25).

A lo largo de sus casi 400 años de existencia, el sistema de la hacienda y con ello la introducción de nuevos productos agrícolas, métodos de explotación

de la tierra y del ganado, transformó el paisaje indígena, convirtiendo antiguas áreas despobladas en áreas prósperas y productivas, mientras que otras dedicadas al cultivo se convirtieron en grandes áreas de pastoreo (Florescano 1990, 92-93), esta modelación del territorio estuvo acompañada por un nuevo sistema político y social; al grado de constituir sus propias leyes, dado el contexto de aislamiento donde se desarrollaron las haciendas, y en algunos casos, en materia religiosa, conformaban una parroquia independiente (Chevalier 1999, 414).

Su importancia en el papel de la historia mexicana se debe en parte a su continuidad en el tiempo, es sin duda la única institución virreinal que sobrevivió a las guerras de independencia de principios de siglo XIX y logró perdurar hasta la primera mitad del siglo XX. No solo da muestras de su gran capacidad de transformación y adaptación a los acontecimientos del orden social, cultural y económico, sino como constructora de toda una realidad.

El desarrollo y consolidación de la hacienda no fue un proceso coherente, tanto en espacio como en tiempo, más bien tuvo un desarrollo desigual propio de los procesos de consolidación de la nueva cultura novohispana y sus necesidades de explotación de los recursos que este nuevo territorio ofrecía; en este sentido, autores como Nickel (1978) han propuesto tres fases en que se puede observar y caracterizar al desarrollo histórico del sistema de la hacienda:

– Fase virreinal (1521-1821)
– Fase de transición (1821-1880)
– Fase tardía (1880-1930)

Si bien, estas fases de desarrollo no son restrictivas, dado las propias regionalizaciones y especificidades de los contextos donde se implementó la hacienda, sirven para comprender su evolución en un marco geohistórico.

En este sentido, no es la finalidad del presente artículo/ponencia de explicar las condiciones sociales, culturales, económicas, políticas y geográficas que condicionan cada una de las fases propuestas por Nickel, ya que el interés esta centrado en el caso de la Hacienda el Molino, un proyecto edificatorio de finales del porfirismo.

La disolución de la hacienda se gestó en un contexto de guerras revolucionarias y reformas agrarias, en un país mayoritariamente rural; por lo que no cabe extrañar que la hacienda, principal constructor de la realidad rural mexicana hasta entonces, entrara en los objetivos de la reestructuración agraria, destacando la actuación de los gobernadores militares constitucionalistas apegados al movimiento zapatista, que tuvieron como logros desde 1914 (Nickel 1978, 171).

Sin embargo, la reforma agraria, completamente instaurada hasta 1917 con la constitución de Querétaro y la vigencia del artículo 27° (López Núñez 2005, 20), no comprometió fundamentalmente al sistema de las haciendas, ni su monopolio, la liquidación de esta fue producto del gobierno de Lázaro Cárdenas.

## Antecedentes históricos de la Hacienda del Molino

El proceso de conformación de la Hacienda de El Molino puede observarse como el culmen de un proceso natural de división de la propiedad de la tierra a lo largo de casi 300 años y, por otra parte, al pensamiento modernizador del porfirismo. Para entender cómo surgió es necesario conocer brevemente los procesos de transformación, apropiación y desarrollo de las haciendas en la región inmediata, las particularidades históricas y económicas que le dieron origen. Se pueden observar las siguientes etapas:

– Latifundio Salceda Andrade: Corresponde a los orígenes de apropiación de la tierra en la región a comienzos del periodo virreinal.
– Hacienda Guarachá y sus anexas: La instauración en la región de la Hacienda como institución del espacio rural, se desarrolla en el periodo virreinal.
– Hacienda de Buenavista: El antecedente inmediato, como nueva realidad de la región durante el México independiente.
– Hacienda El Molino: Como nueva hacienda producto de la partición y reconfiguración de su antecesora. Surge en el contexto del pensamiento modernizador del porfirismo.

Históricamente el área norte de lo que hoy es el estado de Michoacán, fue una de las áreas de mayor presencia de colonizadores españoles y solicitantes de tierra, por lo que su ocupación en el periodo virreinal fue temprana, siendo el corredor norte desde Tlalpujahua y Maravatio hasta Zamora y los límites

con el actual Jalisco, las áreas preferidas (Paredes 2006, 91) Así, desde muy temprano, el camino que iba de la Ciudad de México a Guadalajara, se convirtió en un lugar preferente para la producción de trigo (Chevalier 1999, 146) producto de las mercedes de tierra otorgadas por el virrey Antonio de Mendoza (1490-1552) (Dávila 2014, 195).

Los orígenes de la Hacienda El Molino, se encuentran ligados a la conformación de las haciendas que se desarrollaron en la Ciénega de Chapala, producto a su vez del gran latifundio de la familia Salceda Andrade, que surgió durante el siglo XVI y permaneció hasta comienzo del siglo XVIII, y cuya merced a Pedro de Andrade fue otorgada en 1567 por el entonces virrey Gastón de Peralta, marqués de Falces (Dávila 2014 192-201).

Figura 1
Fachada de la Casa Principal de la Ex Hacienda El Molino. Autor Antonio Estrella Pozo

Del gran latifundio se desprende la Hacienda de Guarachá, inicialmente considerada una hacienda de baja productividad en el siglo XVI, la cual fue adquirida junto con otras en un lapso de una década (1710-1720), por el capitán Fernando Antonio Villar Villamil, mediante subasta pública, embargo o almoneda; sin embargo, dada su poca productividad y las crecientes deudas, se procedió a un nuevo remate en la ciudad de México el 31 de octubre de 1790, en el cual el labarqueño Diego Moreno Calderón, adquirió una parte, conocida como la Hacienda de Buenavista, dando fin al gran latifundio de la Hacienda de Guaracha y sus anexas (Dávila 2014 195-204).

Para el año 1800, la hacienda de Buenavista, contaba con un casco o zona central, rodeada de edificios y demás instalaciones para el almacenamiento de semillas, bodega de enseres y aperos, así como las instalaciones de fabricación de queso, jabón, cuero y harina, contaba con buenas tierras de labor, huertos y cañaverales, completamente cercado, con señas, puertas, canales y zanjas, también tenían "islas", que eran tierras acondicionadas por obras de mejoramiento que se remontaban desde hace tres siglos, estas áreas estaban dotadas de canales, puentes, puertas, pretiles y compuertas, y destinadas a la cría de cabezas de todo tipo de ganado; también contaba con terrenos de arrendamiento, y con zonas de reserva destinada a nuevos arrendamientos, mediería y tareas pecuarias (Lizama 2006, 89-90).

En 1877, se procedió a dividir la hacienda de Buenavista en dos propiedades; la fracción de José María Martínez Negrete Roncal dio origen a la hacienda de El Molino de Negrete; mientras el resto quedó bajo propiedad de Francisco Martínez Negrete Alba y sus hermanas Josefa e Ignacia (Cerda 1975, 153-154). El nuevo dueño de la naciente Hacienda El Molino optó por construir una nueva casa principal; de acuerdo con Bertha Cerda (1975), en su descripción se hace notar que:

> ...fue ornamentada con verdadero refinamiento, pues la decoración interior constaba de tapices y suntuosas alfombras orientales, mármoles de Carrara, grandes espejos venecianos, finísimas vajillas inglesas y orientales, deslumbrante platería, tibores chinos …tenía además de grandes murales de aquella época muy similares a los que mandara a ejecutar el "BURRO DE ORO", un hermoso cuarto de baño en el cual todo lo referente era en forma de concha en rosa pastel. Un bellísimo rinconero, traído de Inglaterra…salón de esgrima y billar y como la afición de los señores era la fotografía, tenían un estudio … (Cerda 1975, 153-154)

Sin embargo, la hacienda de El Molino no fue la residencia permanente de José María Negrete, sirvió principalmente como lugar de festejos y de veraneo para el matrimonio, teniendo su residencia en la ciudad de México (Cerda 1975, 163-167). Cabe destacar que gran parte de las edificaciones de la hacienda El Molino se realizaron con José Negrete en vida; sin embargo, a su muerte en 1902 (Ruiz 2002, 27), quedó a cargo su segunda esposa Benilde Serrano Flo-

res. En 1905 se inauguró la Escuela Agrícola y cinco años después se mandó a construir un puente de madera para unir la Hacienda El Molino con la de Buenavista, inaugurado el 11 de mayo de 1910 (Cerda 1975, 164). Con lo cual se terminó de construir la infraestructura física que caracterizó a la hacienda en los años por venir, hasta su desmantelamiento.

Se tiene una descripción de Heriberto Moreno citado por Lizama (2006, 91) donde ejemplifica a la hacienda en su conjunto para esta época:

> El casco de la nueva hacienda resultó en un impresionante conjunto que, alineado, en general con vistas al sur, ostentaba la casa grande con elegantes portales y un amplio patio interior, la capilla y habitación del capellán [hoyes la iglesia del ejido El Molino], ... y una suntuosa edificación de recia influencia francesa, que el hacendado mandó levantar nada menos que para una escuela de agricultura [hoyes la escuela pública del ejido]. *sic*. Con apertura al norte, se construyeron dos magníficas trojes unidas en su fachada por un pórtico, como para ejemplificar la preferencia de la hacienda por el trigo y la harina y la razón de su nombre.

Dada las condiciones socio-políticas de la época, y cansados del maltrato, para octubre de 1921, en las haciendas de Buenavista y El Molino surgió una conspiración encabezada por Francisco Tamayo (originario de Ixtla) y Arcadio Zamora, quienes con la adhesión de la población se levantaron en armas contra el patrón Serrano, situación que se vio favorecida con el apoyo del entonces gobernador del Estado de Michoacán, el general Francisco J. Mújica, así desterrados los hacendados, se funda el nuevo municipio de Vista Hermosa.[1]

Cabe destacar que la desarticulación de la hacienda se vio favorecida por las políticas del proyecto agrario de Lázaro Cárdenas, en un primer momento como gobernador del Estado de Michoacán (1928) y posteriormente como presidente de la República (1930) (López Núñez 2005, 75).

La primera división de los terrenos de la hacienda aconteció en 1933 con el establecimiento del fundo legal de Vista Hermosa como nueva localidad y municipio, por lo que se expropiaron a razón de utilidad pública, las fincas y terrenos pertenecientes a la hacienda, que, en aquel entonces, era propiedad de la testamentaría de Genaro Serrano, siendo su albacea Arturo Serrano Bond, y teniendo como administrador de la hacienda a Ramón Gil.[2]

Figura 2
Fotografía de la Ex Hacienda El Molino. Autor Antonio Estrella Pozo

A partir de este momento, los terrenos de la Hacienda el Molino sufrieron una serie de particiones para el establecimiento y ampliación de los ejidos de diversas poblaciones. En este marco histórico, la Casa Principal de la Hacienda quedó en manos del Ayuntamiento de Vista Hermosa.

En 1958, el inmueble albergó a miembros de la orden Franciscana (OSF), quienes atendieron a la comunidad impartiendo cátedras y misas, utilizando los espacios como dormitorio para los seminaristas y aulas para los alumnos, situación que permaneció aproximadamente hasta 1979, fecha desde la cual solo se realizaban misas cada domingo por la mañana, habilitando uno de los pasillos (Ruiz 2002, 26). De aquel uso quedan algunos vestigios en la fachada, como parte de la espadaña donde se colocaba la campana para el llamado a misa, mientras que algunos espacios como los baños ubicados en la parte trasera de la casa mantuvieron su función, pero también tuvo algunos cambios, se presume que en esta época se habilitó un cuarto en el extremo poniente de la casa como baño para los frailes; mientras que el resto del inmueble simplemente se adecuó con el mobiliario correspondiente.

En 1989 funcionó como preparatoria (Francisco Tamayo Espinoza) hasta 1995 (Ruiz 2002, 26), de este periodo se sabe por entrevistas con el Oficial Mayor que el patio posterior a la Casa Principal era utilizado como área de recreo y cancha de futbol.

A partir de 1995 la Casa principal estuvo en completo abandono, reutilizándose esporádicamente des-

de el 2001 como sitio de torneos de voleibol y clases de danza. (Ruiz 2002, 26-29). Durante los años 2004-2005 fue producto de una intervención por parte del Gobierno del Estado, con el objetivo de estabilizar las arcadas del patio principal, y adecuar la primera crujía del conjunto para uso de oficinas, por lo que se integraron nuevas techumbres en el portal y en la crujía sur, en algunos casos respetando el sistema de viguerías, mientras que en la sección oriente se siguió otro criterio.

Actualmente, la Casa Principal esta subutilizada, con la primera crujía como espacio para oficinas diversas del Ayuntamiento, bodega y oficina temporal del INE; el resto se encuentra en grave deterioro y, ocasionalmente recibe turistas o es utilizada como escenario de fotografías de eventos sociales; sin embargo, desde el 2016 es producto de una serie de intervenciones sin los conocimientos técnicos necesarios.

El desarrollo histórico de la Hacienda, y en particular de la Hacienda El Molino, permitió describir al monumento en un contexto fenomenológico (Yáñez Salazar 1988, 90-91), siendo el periodo porfiriano el que marca el inicio, desarrollo, auge y declive del conjunto urbano-arquitectónico; así al considerar a la hacienda como modo de producción virreinal se hace énfasis en la capacidad que ésta tiene como mecanismo de control de recursos; que aunado a su fase tardía (porfiriana) adquiere nuevos matices, albergando funciones de esparcimiento y ocio no antes vistas, la transforman con una complejidad que es de importancia revisar a fondo.

## Caracterización de los materiales constructivos

A partir de la inspección visual realizada en diversas visitas al inmueble, se pudo identificar los materiales empleados, diferenciando entre materiales constructivos y materiales complementarios. Los primeros son aquellos que poseen una función constructiva y hasta estructural de la edificación, cuya degradación impacta en el estado de conservación y estabilidad física del inmueble; los materiales complementarios son aquellos empleados en los aspectos ornamentales o como parte del proceso constructivo principalmente como aglomerantes o revestimientos. Los materiales constructivos son:

### El adobe

Empleado como componente principal para la construcción de los muros de carga del inmueble.

Las dimensiones del adobe empleado en la construcción de la Casa Principal son de 42cm x 63 cm y un espesor de 10 cm, con juntas de 1.5 a 2 cm. Para este material se extrajeron muestras y se realizó un análisis gravimétrico por tamizado con el objetivo de determinar cuantitativamente la composición del adobe empleado en la construcción del inmueble. El método fue granulometría por tamizado, pasando por distintos tamices en orden decreciente, hasta la malla de 74 mm (N°. 200). El equipo y herramienta empleados para la ejecución del ensayo se encontró en condiciones de operación, calibrado, limpieza, completo en todas sus partes.

La muestra de adobe arrojó que en su conformación predominan las arcillas, donde un 60% es arcilla, 20% limos, 10% arenas finas y medias, 1% arena gruesa. Lo anterior es importante dado que permite

Figura 3
Fotografía de uno de los muros de la Casa Principal de la Ex Hacienda El Molino. Autor Antonio Estrella Pozo

tener un porcentaje de los componentes para la elaboración de adobes que se requieran reintegrar como parte de la restauración, teniendo cuidado que se cumplan estos porcentajes para la compactibilidad física y química. También el análisis permitió comprobar que en la elaboración de los adobes no se utilizó algún tipo de fibra vegetal, lo cual hace suponer que fueron estabilizados con cal, esto también se verifica por la composición del adobe que forma pequeños nódulos blanquecinos en su composición, presuponiéndose en primera instancia la utilización de grava gruesa, si bien tampoco se encontró.

También se realizó un análisis de pesos volumétricos, que dio una densidad del adobe empleado en la Casa Principal equivalente a 1.16 g/cm$^3$ o 1160 kg/m$^3$, valor que se puede situar por debajo de la normal del parámetro para este material; sin embargo, también manifiesta la alta variabilidad del adobe como componente constructivo, asociado a las propiedades del suelo del sitio.

**Ladrillo rojo recocido**

Empleado para la construcción de los elementos de rigidez, reforzamiento y transmisión de cargas. Destaca su utilización no solo por sus propiedades físicas y estructurales; sino también por su importancia dentro de un contexto de industrialización de la época, que denota un avance técnico y formal (Adell 1992, 7). La forma de empleo es en hilada corrida a soga (muros) e hilada corrida a sardinel (arcos). La Casa Principal destaca por tener diferentes dimensiones de este material con cortes diversos principalmente en las jambas. El ladrillo más común tiene dimensiones de 20cm x 41cm y 7 cm de espesor.

**Otros materiales**

- Madera, empleado en los dinteles de algunos vanos de puerta y ventana, y como gualdra o travesaño en los muros de ladrillo, teniendo un peralte de 4”. También se empleó en la carpintería de puertas y ventanas.
- Cantería morada, empleada para la construcción de los apoyos aislados, repisones y marcos de vanos que dan al exterior. Material pétreo de alta resistencia a los elementos de la naturaleza.
- Hierro colado, empleado como elemento estructural de las columnas del patio central.
- Cal como estabilizador de la construcción de tierra. Tiene una calidad económica, ecológica y sanitaria importante.
- Piedra brasa de la región que se observa principalmente en los sobrecimientos de algunos muros, y también como rajuela como elemento de soporte entre el muro de adobe y los aplanados, a veces sustituida por rajuela de ladrillo.

## Caracterización de los sistemas constructivos

El sistema constructivo de la Casa Principal de la Ex Hacienda El Molino, se enmarca en la arquitectura de tierra (Guillén Marzal 2015, 16) utilizando la técnica de adobe, es decir, con bloques uniformes de barro producidos a mano. Consiste en muros de carga, diseñados para soportar cargas verticales (peso propio, cubierta) y de servicio (carga viva), sin conside-

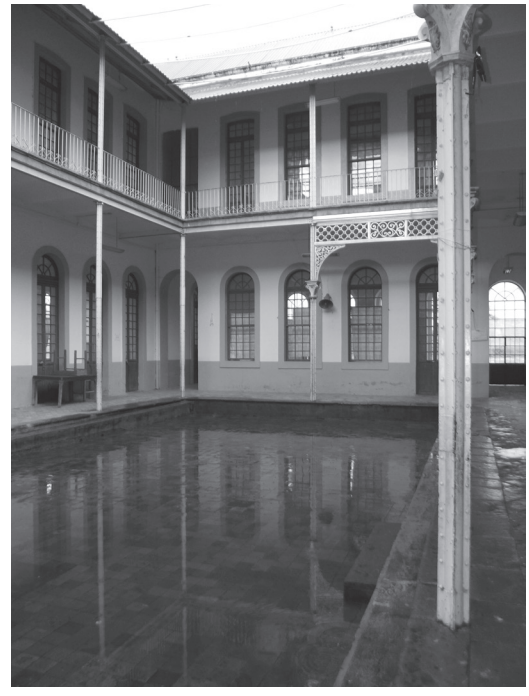


Figura 4
Fotografía del patrio principal de la Casa Principal de la Ex Hacienda El Molino. Autor Antonio Estrella Pozo

rar aparentemente la condición sísmica de la región. El sistema constructivo está conformado por los siguientes parámetros:

**Cimentación:** Dado que no se pudo verificar *in situ*, se presenta la hipótesis de una cimentación corrida de tipo ciclópeo, construida con piedra de la región y mortero de barro-cal, en la cual se apoya el resto de la edificación, y probablemente con un ancho mayor al muro que soporta, desplantado entre 1.00m y 1.50m de profundidad bajo el nivel del piso.

**Sobrecimiento:** La edificación carece en su mayoría de sobrecimiento, lo cual se verificó *in situ*. Si bien en algunos espacios se observa sobrecimiento a base de piedra de la región y mortero que se presupone de barro-cal, con rajuela en juntas.

**Muros:** Se pueden diferencias entre muros de carga, muros de rigidez y muros divisorios. Los dos primeros corresponden al sistema constructivo original de la Casa Principal.

- Muros de carga: Su principal función es la de cargar o soportar esfuerzos de compresión, por lo que su espesor está en relación directa con el peso que soporta y la fatiga de trabajo de sus componentes. La Casa Principal de la Ex Hacienda El Molino, se caracteriza porque prácticamente todos los muros fabricados en adobe son de carga, con excepción del muro ubicados en los ejes 9, 18 y 20. Los muros tienen un espesor variable entre 46 a 70 cm, altura aproximada de 5.38 m que se desarrolla en un solo nivel. El aparejo utilizado es a hilo, es decir, utilizando el lado largo del adobe orientado en la dirección del desarrollo del muro, haciendo que el lado corto forme parte del grosor del muro, y requiriendo la trabazón del sistema mediante medios adobes de 20cm a tizón. Se observa que los muros se rajueleaban con lascas de cantería o ladrillo reutilizados, con la finalidad de servir de soporte al aplanado de barro (en interiores) y de cal (en exteriores), igualmente el rajuelado permite tener un menor espesor del revestimiento.
- Muros de rigidez**:** Muros que se localizan transversalmente con respecto a los muros de carga, de un espesor de 22 cm y una altura aproximada de 5.45m, cuya función es rigidizar la estructura y seccionar el desarrollo de los muros de carga a fin de dotarle de estabilidad, por lo cual se ubican a una separación no mayor a 3 ½ veces el claro más corto, por lo que funcionan como diafragmas. El empotramiento al muro de carga es de aproximadamente 30 cm, esto es casi la mitad del espesor, también poseen un travesaño de madera de 4”, que coincide con la altura del cerramiento del vano ubicado al centro de muro.
- Muros divisorios**:** Son aquellos que dividen un espacio, fabricados en ladrillo rojo o tabla roca, su desarrollo no alcanza a llegar a la techumbre. Su espesor es de 26 cm para los muros de ladrillo rojo y de 10cm para el de tablaroca. No son muros de carga y tampoco pertenecen a la fábrica original del inmueble.

**Elementos de reforzamiento y rigidez:** Dada la fabricación de los muros de carga en adobe, existen partes del inmueble como las jambas, cerramientos, esquinas y conexiones, que están sometidas a fuerzas de torsión y flexo-compresión que el adobe no puede soportar, principalmente debido a cargas puntuales o por la discontinuidad del elemento muro, por lo que se sustituye este material por ladrillo rojo cocido en estos puntos críticos.

**Sistemas de techumbre:** En este aspecto destacan dos sistemas de cubierta, que en promedio tienen un peralte de 28 cm.

- El original de viguería el cual se trata de una techumbre ligeramente inclinada hacia el patio central o al patio de servicios, esto para el desalojo del agua pluvial. Constructivamente consiste en una capa de ladrillo-terrado-ladrillo-recubrimiento apoyado sobre una viguería de madera de dimensión de 4”x6”, y cuya función adicional es amarrar y estabilizar el sistema de muros. La primera capa de ladrillo está compuesta por elementos colocados transversalmente a las vigas con la finalidad el cubrir el claro entre ellas y servir de cimbra perdida para la colocación del terrado, el cual se presupone está elaborado con mortero de cal, posteriormente se coloca otra fila de ladrillo con una disposición de 45° respecto a la viguería, finalmente una pequeña capa de aproximada-

Figura 5
Fotografía de un detalle de la viguería en la Casa Principal de la Ex Hacienda El Molino. Autor Antonio Estrella Pozo

mente 2.5 de mortero de cal a fin de impermeabilizar la techumbre. La separación entre viga y viga es de 17 cm aprox.

– La bóveda catalana, constructivamente se trata de un par de rieles de 11 cm de espesor y peralte aproximado a 20 cm, que soportan bovedillas rebajadas de ladrillo rojo recocido puesto de canto y pegado de cara, con acabado en aplanado liso y diseño de sillería, sobre las cuales tienen un relleno que se presupone de cal-arena y terminado de ladrillo en su parte posterior con una disposición a 45° respecto a los muros oriente-poniente.

**Elementos de transmisión:** Dada la fabricación de los muros de carga en adobe, estos no pueden recibir cargas puntuales provenientes del sistema de viguería, por lo que su conexión se da mediante elementos de transmisión que aseguran una distribución uniforme de las cargas, evitando apoyos puntuales. Estos elementos ubicados en el cabezal del muro de carga corresponden a cadenas de amarre elaborados con ladrillo rojo recocido, teniendo una altura de tres a cuatro filas. En algunos casos son sustituidos por una o dos vigas de arrastre de madera de sección de 4” x 6”; también encontrándose casos donde coexisten ambos elementos.

**Apoyos puntuales:** Columnas, pilares, pilastras, con sus respectivos pedestales, están construidos en cantería morada, con un acomodo en tambor para las columnas del pórtico y el patio central, y de sillares para los pilares, pilastras y pedestales.

**Apoyos horizontales:** Conformado por los arcos de las arcadas del patio central y el pórtico; están constituidos por ladrillo rojo recocido aparejado y pegado probablemente con mortero de arcilla y cal.

**Elementos complementarios:** Corresponden aquellos elementos como el frontón, la base del pararrayos y pretiles, que están construidos en fábrica de ladrillo rojo recocido; probablemente unidos con mortero de arcilla y cal.

**Pisos:** El piso predominante del inmueble es la baldosa de barro cocido con dimensión de 20x20 cm y una junta de 1 cm, pegados probablemente con mortero arcilla-cal y apoyados directamente sobre terreno natural previamente compactado, este piso es empleado en el interior de los espacios, corresponde al piso original de la edificación. También se utiliza la baldosa de cantería morada en el pórtico y el vestíbulo, la cual está pegada a hueso y sobre el terreno natural previamente compactado, las piezas tienen sección variable, predominando la de 28x28 cm. Destaca la existencia de un sardinel de ladrillo rojo recocido que sirve de apoyo a las piezas de cantería morada que funcionan como banqueta del pórtico. En el patio central y en el cuarto de baño se emplea el mosaico de pasta de cemento, con acabado poroso y en cuadricula biselada, con una dimensión de 20x20 cm. Cabe destacar que el firme de concreto simple y el vitropiso son producto de intervenciones recientes.

**Elementos ornamentales:** Conformado por las molduras del cornisamento de muros o molduras de arranques de arcos. En el primer caso de fábrica de ladrillo rojo recocido unido con mortero cal-arena, mientras que en el segundo están fabricadas con cantería morada o ladrillo rojo recocido.

**Elementos de vanos:** La solución de puertas y ventanas es variada, predominan las puertas de madera tablerada en dos o cuatro hojas, con contraventana para las puertas que dan al patio central, mientras que las que dan al pórtico son puertas de madera tablerada a cuatro hojas y cajón en jamba, acompañadas con marco de cantería morada. Empleo de herrería colada con diseño floral en los vanos de puertaventana que dan al patio central. También hay puertas de lámina de hierro a dos hojas, siendo de reciente fabricación e incorporación.

**Revestimientos:** Se consideran a las superficies protectoras que se aplican en la capa externa de los muros. Se observa que en la Casa Principal se empleó en los muros de adobe revestimiento de barro con mezcla de cal y arena, mediante la superposición de capas en estado plástico que varía su espesor entre 1.5 a 2.5 cm, sin la incorporación de fibras. Finalizando con la incorporación de pintura a la cal, sobre la cual se realizó pintura mural. Mientras que el revestimiento empleado en los muros de ladrillo corresponde a un repellado grueso de mortero cal-arena, y posteriormente un aplanado fino con cal-arena fina, teniendo un espesor promedio de 1.5 cm.

Constructivamente, la planta tiene una distribución compacta de tipo caja, de distribución robusta en un solo nivel con disposición de muros transversales que rigidizan el sistema. Es notoria la tradición constructiva en adobe, el cual era materia prima de fácil disponibilidad en la región y de gran calidad, sin embargo, presenta una serie de mejoras como:

- La incorporación de ladrillo rojo recocido en las áreas críticas (jambas, esquinas, conexiones y cadenas) que permitían estructurar al sistema de adobe y como elemento protector en áreas donde es proclive al impacto por tráfico.
- La utilización de madera como travesaños en muros y dinteles, reconociendo sus propiedades resistentes a las fuerzas de flexo-compresión, carentes en el sistema original de adobe.
- Para los apoyos aislados (columnas, pilares, pilastras y sus pedestales) se decidió la implementación de cantería, dado su buen desempeño a altas cargas de compresión, permitiendo el buen desempeño de los elementos estructurales.
- Donde no pudo ser empleado la cantería, probablemente por una decisión formal más que económica, como lo son las delgadas secciones de las columnas del patio central, se incorpora hierro colado como elemento estructural, revestido de ladrillo.
- La techumbre de viguería con terrado y ladrillo se observa aligerada dado su poco grosor.

A pesar de todas estas mejoras, es evidente la falta de elementos indispensables como el sobrecimiento y un sistema de evite la absorción de humedad del terreno al piso de baldosa y cantería, probablemente la omisión de estos elementos se debió a la propia naturaleza del inmueble como sitio de recreo y su velocidad de construcción, ya que, no eran sistemas desconocidos en la región, incluso utilizados en otras haciendas cercanas.

## Reflexiones finales

El monumento como concepto desde la Carta de Venecia (1964), no solo comprende el inmueble como creación arquitectónica aislada, sino también el conjunto urbano como ejemplo de testimonio de una civilización particular, una evolución o acontecimiento histórico, por lo que el monumento histórico en cualquiera de sus acepciones es inseparable de la historia y del lugar; lo anterior sirve de premisa para comprender que el trabajo desarrollado pretende comunicar el valor del inmueble como valor documental, por lo que se recurrió a la investigación histórica, documental y de campo, así como todas las herramientas disponibles.

En este sentido, el inmueble denominado como Casa Principal de la Ex Hacienda El Molino, ubicado en la localidad de Vista Hermosa de Negrete forma parte de un conjunto monumental conformado por otras cuatro edificaciones que fueron parte de las residencias de los empleados de confianza del hacendado; generando un conjunto adosado de gran volumetría horizontal e importancia histórica para la creación del municipio a principios del siglo XX como parte de los procesos posrevolucionarios.

En general, el inmueble en su fábrica original tiene un buen comportamiento ante cargas gravitatorias, dado su diseño simétrico y distribución en caja; en su estado actual presenta un grave riesgo de colapso, so-

bre todo ante un evento sísmico e incluso ante vibraciones ambientales o accidentales de alta magnitud; así mismo, el clima cálido húmedo de la región funciona como factor crítico, generando un ciclo continuo de absorción y evaporación de humedad; mecanismo que deja depósitos de cristales de diversos compuestos en los poros de las canterías y el adobe, así como los morteros y revestimientos.

Sin embargo, como gran parte del patrimonio edificado en riesgo para el caso mexicano, la principal causa del deterioro de la Casa Principal de la Ex Hacienda El Molino es la falta de mantenimiento y la acción humana (vandalismo e intervenciones por adecuación), que han ocasionado el colapso parcial del sistema de techumbres, lo cual, ha debilitado la estructura del conjunto arquitectónico, ya que no existe un elemento que rigidice a los muros; la falta de cubiertas expone a los muros, pisos, cantería, herrería y carpintería a procesos de degradación acelerada producto de la permanente exposición a los rayos ultravioleta, a la humedad ambiental y a ciclos térmicos como consecuencia del intemperismo; ocasionando bio-colonización y el crecimiento de micro y macro-flora parasitaria en pisos, muros y sus coronamientos, generando la fractura progresiva de la estructura, así como la pérdida parcial o total de los revestimientos y enlucidos, acción que retroalimenta el proceso de deterioro.

Ante esta situación, el conocimiento de los materiales y sistemas constructivos en su contexto geográfico como histórico es indispensable para la toma de decisiones de conservación-restauración; en el peor de los casos, su documentación exhaustiva será el único vestigio de un patrimonio arquitectónico que respondió a las necesidades inmediatas de su promotor, de las decisiones de obra de sus constructores y el reflejo de una realidad rural en un marco económico y político tan particular como el porfirismo.

## Notas

1. Periódico oficial del gobierno constitucional del estado de Michoacán de Ocampo, Plan Municipal de Desarrollo 2015-2018, publicado el viernes 21 de octubre de 2016, p. 5.
2. DOF. Jueves 21 de octubre de 1937. Departamento Agrario. Resolución en el expediente de ampliación de ejidos al poblado El Coenqueño, Estado de Michoacán.

## Lista de referencias


Aguilar, M. 2006. La conformación de la Haciendas de Miraflores: tierras, indios y ganado en la jurisdicción de Santiago de los Valles de Oxitipa, oriente de la Nueva España, a finales del siglo XVI. En *Espacios para la producción. Obispado de Michoacán,* editado por G. Salazar. Morelia: UMSNH-UASLP-CONACYT.

Cerda, B. 1975. *Don Francisco de Velarde "El Burro de Oro". Un hombre de su época*. México: Porrúa.

Chevalier, F. 1999. *La formación de los latifundios en México. Haciendas y sociedad en los siglos XVI, XVII y XVIII*. México: Fondo de Cultura Económica.

Dávila, M.E. 2014. El surgimiento de la ganadería en la Ciénega de Chapala (Michoacán, México). El caso de la Hacienda Guaracha (siglos XVI-XIX). En *Historelo. Revista de Historia regional y local.* México.

Florescano, E. 1990. Formación y estructura de la hacienda en Nueva España. En *Historia de América Latina 3. América Latina Colonial: Economía*, editado por L. Bether. Barcelona: Critica.

Guillen Marzal, P. 2015. *Arquitectura de tierra de nueva planta. Estudio de limitaciones constructivas.* Valencia: Universitat Politècnica de València.

Lizama, G. 2006. Francisco Martínez Negrete de Alba, 1888-1906. Una biografía empresarial tapatía. En *América latina en la Historia Económica* 26, 89-90.

López Núñez, M.C. 2005. *Espacio y significado de las haciendas de la región de Morelia: 1880-1990.* Morelia: UMSNH.

Meyer, J. 1986. Haciendas y ranchos, peones y campesinos en el porfiriato, algunas falacias estadísticas en *HMex*.

Monterrubio, A. 2007. *Las haciendas pulqueras de México*, México: UNAM.

Neves, C. y Borge Faria O. 2011. *Técnicas de Construcción con Tierra*, Bauru: FEB-UNESP/PROTERRA.

Nickel, H. 1978. *Morfología social de la hacienda mexicana.* México: FCE.

Paredes, C. 2006. El trabajo indígena en las haciendas de españoles en torno a Valladolid y norte de Michoacán. En Guadalupe Salazar (Coord.), *Espacios para la producción. Obispado de Michoacán Morelia*, UMSNH.

Ruiz, C. 2002. *Propuesta de conservación y adecuación del casco de la hacienda del Molino, en Vista Hermosa de Negrete, Michoacán*, Tesis de licenciatura, Morelia, UMSNH.

Vargas, R. 1998. *Historia de la Arquitectura y el Urbanismo Mexicanos, Vol. III. El México Independiente, Tomo II, Afirmación del Nacionalismo y la Modernidad*. México: UNAM-FCE.

Von Webeser, G. 1989. *La formación de la Hacienda en el Espacio Colonial. El uso de la tierra y el agua,* México: UNAM-Instituto de Investigaciones Históricas.

Yañez Salazar, A. 1988. *Análisis metodológico de los monumentos*. México: Consejo consultivo internacional de las Américas.

# El Taray: economía y tradición en la construcción del lienzo norte de Segovia

Miguel Rosón Mozos

Tras la Guerra Civil española se inició un periodo conocido como «Autarquía» que se caracterizó por el aislamiento del país con el exterior, lo que originó una crisis económica y social que se alargó hasta 1959, año en que se aprobó el Plan nacional de Estabilización. Para la construcción, ese periodo autárquico supuso una escasez de materiales que provocó la vuelta a técnicas tradicionales y de reducido coste. A pesar del progreso que implica la apertura de España al exterior, el enfoque económico y racional de la construcción pervive en la década de los 60, caracterizando los numerosos proyectos de vivienda social que se ejecutaron en estos años (Flores 1961; Capitel 1986; Benévolo 2010). El auge económico tras la autarquía trajo consigo un éxodo rural, la migración de trabajadores del campo hacia la ciudad, en busca de oportunidades laborales que mejorasen sus condiciones de vida. Las ciudades ven aumentar su población y se necesitan nuevas viviendas que acojan a los recién llegados. En este contexto surgen en España una serie de asociaciones como «Hogar del Empleado», la «Acción Católica», las «Juventudes Obreras Católicas» o la «Hermandad Obrera de Acción Católica» que prestan apoyo a los trabajadores y cuentan con el respaldo de la Iglesia. Estas asociaciones atienden la necesidad de vivienda de las clases trabajadoras como uno de sus objetivos primordiales.

Para prestar apoyo a las clases obreras más desfavorecidas, se crea en mayo de 1946 la «Hermandad Obrera de Acción Católica» (HOAC). Sus miembros consideraban necesario un nuevo modelo de organización de los trabajadores, basado en el cooperativismo integral desde un punto de vista social y económico, lo que los lleva a promover la fundación de diversas cooperativas de consumo, producción y vivienda barata (Palacios 2015). Es así como nace en 1957 la «Cooperativa de viviendas Pio XII» que realizó en Segovia unas mil viviendas agrupadas en varios conjuntos, consiguiendo una notable reducción del precio por su autoconstrucción y facilitó el acceso a hipotecas gracias a la unión de varios socios cuyo préstamo iba destinado a la cooperativa[1]. Tras la construcción de las primeras 120 Viviendas en el Caño Grande entre 1961 y 1963 se puso en marcha en otoño del 63 el proyecto de la «Unidad Vecinal del Taray», en pleno casco histórico de Segovia (Flores y Güel 1996; Chaves 2006). Es el más complejo y singular de los proyectos realizados por el arquitecto José Joaquín Aracil Bellod para la cooperativa (en este caso junto con Luis Miquel Suarez-Inclán y Antonio Viloria García), siendo así mismo el que mayor repercusión y reconocimiento ha tenido (Hogar y arquitectura 1966; Architecture d'aujourd'hui 1972). En 2012 fue incluido en el registro «La vivienda moderna 1925-1965» de la fundación DocoMoMo Ibérico (Documentación y Conservación de la Arquitectura y el Urbanismo del Movimiento Moderno) (García y Rubio) y cuenta con ordenanza de protección 2: «Protección de Edificios del Movimiento Moderno» en el catálogo del «Plan General de Ordenación Urbana de Segovia».[2]

## La unidad vecinal del Taray

El proyecto de la «Unidad Vecinal del Taray» es el segundo que la Cooperativa de viviendas Pío XII desarrolló en Segovia (Rosón 2017). Al igual que en las viviendas del Caño Grande el arquitecto escogido para llevarlo a cabo fue José Joaquín Aracil Bellod, quien había tenido contacto, en unos cursos de la HOAC en Carabanchel en 1975, con el padre Félix Díaz, consiliario de la Hermandad en Segovia[3] (Ministerio de Vivienda 2009). Para el desarrollo del proyecto de ejecución, Aracil contó con dos compañeros de estudios universitarios: Luis Miquel Suarez-Inclán y Antonio Viloria García.

La cooperativa había adquirido un solar intramuros en el lienzo norte del casco histórico de la ciudad de, a priori, difícil aprovechamiento por su orientación y su compleja orografía, con un desnivel aproximado de 15 metros entre la calle Taray y las ruinas de la iglesia y convento de los Agustinos, al cual pertenecía históricamente. El solar formaba parte de las huertas del convento, que sufrió la desamortización de Mendizábal en 1853 y fue demolido en 1915, quedando únicamente un muro y el ábside de la iglesia de estilo plateresco (Campaña 2017). Cuando se inició la redacción del proyecto el solar estaba ocupado por huertas con algunas edificaciones de pequeño tamaño destinadas a viviendas y establos; tenía escaso soleamiento por su orientación y las ruinas del convento que arrojaban sombra por la tarde, generando un ambiente húmedo (figura 1). Pero al mismo tiempo estaba situado a 500m del Azoguejo y la Plaza Mayor y gozaba de unas vistas privilegiadas sobre el valle del río Eresma y se enclavaba en la zona verde situada sobre la muralla[4].

Con estos condicionantes, y en una parcela en la que la normativa contemplaba una ordenación en manzana cerrada, Aracil plantea desde los primeros compases del proyecto una disposición abierta de cinco bloques en U, que albergarán un total de ciento catorce viviendas. La ordenación de los bloques se adapta a la pendiente natural del terreno, ya que apenas se modificó su topografía, organizándose perimetralmente a este. El mayor valor de este proyecto re-

Figura 1
Vista del lienzo norte de Segovia donde puede apreciarse el solar vacío donde se implantará la Unidad Vecinal del Taray con las ruinas del ábside y un muro del convento de los Agustinos. PAN-093183. 20/12/1963. Pando Barrero, J. M. Fototeca del Instituto de Patrimonio Cultural de España (IPCE) Archivo Pando

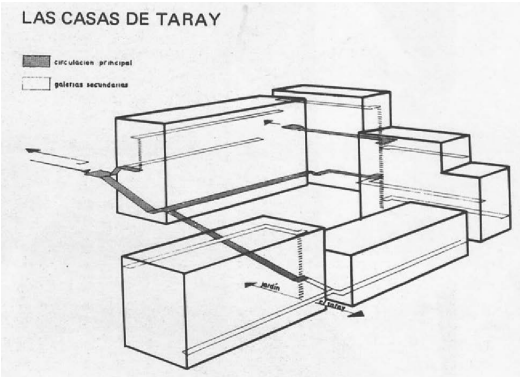



Figura 2
Esquema de circulaciones y recorridos de la Unidad Vecinal del Taray. Publicada en Aracil Bellod, J. J. 1972. Principio y fin de una utopía. Revista Arquitectura n.166. Número dedicado a Segovia. Madrid. Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid

side en la solución que se da a las comunicaciones, tanto entre los propios bloques, como entre estos y el espacio urbano circundante (Campaña y Rojas 2013; Campaña 2017; Campaña y Movilla 2020; Campaña). El empleo de la tipología de vivienda en semidúplex, tipo tijera, permite crear una serie de galerías exteriores, jerarquizando circulaciones principales y secundarias (figura 2). A este sistema de galerías se llega a través de tres núcleos de escaleras situadas estratégicamente que van enlazando los cinco bloques. Se consigue así un sistema de conexiones mediante calles peatonales en altura, lo que el propio Aracil denominó «urbanismo en tres dimensiones» (Aracil 1972), que enlaza los bloques entre sí, los bloques con el tejido urbano, e incluso conecta la parte alta y baja de la parcela con una pasarela que atraviesa el conjunto (Campaña y Movilla 2020).

La Unidad Vecinal del Taray es, desde el punto de vista del proyecto, radicalmente moderna, e integra los postulados de los Smithson y el Team X británicos y los principios de las unidades de habitación planteados por Oiza en el proyecto del Manzanares[5] (Fernández 2006; Vellés 2018). Y es aún más interesante porque supone una perfecta comprensión de los requisitos del encargo: las condiciones de la cooperativa, económicas y sociales; el complicado solar y la implantación en un núcleo histórico como Segovia. Una propuesta de una racionalidad absoluta, que abarca desde la escala urbana hasta el más mínimo detalle.

## Cronología de la construcción del Taray

Es importante conocer los condicionantes históricos, sociales y económicos que marcaron el proyecto de la «Unidad Vecinal del Taray» para poder entender el proceso de construcción de uno de los edificios que marcó la modernidad en Segovia en los años 60 del siglo XX[6].

Todo el proceso que conllevó la ejecución de este singular conjunto residencial o unidad vecinal, debe entenderse desde la cercanía temporal con el periodo autárquico, unido al desarrollo de los años 60 y a la condición cooperativista del encargo. José Joaquín Aracil ya había tenido una primera experiencia de construcción con la Cooperativa (González y Núñez 2018), en la que los socios y futuros usuarios de las viviendas, ejercían en muchos casos como albañiles y se escogían técnicas relativamente artesanales para facilitar la ejecución y no depender de proveedores o materiales que pudieran ralentizar el ritmo de las obras. Como menciona el propio Aracil (Aracil 1972), cabe destacar que los miembros de la Cooperativa eran en muchos casos emigrantes del campo, sin nociones preestablecidas de lo que debía ser una vivienda en bloque, lo que fomentó el empleo de tipologías algo inusuales, como la de semidúplex con acceso mediante galería empleada en el Taray. La disposición de los bloques, y el sistema de conexiones entre ellos saca partido de la compleja parcela de la que disponía la cooperativa, primando criterios racionales de soleamiento, salubridad y economía, pero supone también una apuesta decidida por la tradición. En las galerías de conexión entre los bloques no pueden circular vehículos, creando así un espacio amable para vecinos y viandantes, una reinterpretación de las calles porticadas, con acceso directo a las viviendas, espacios de relación que disfrutan de las privilegiadas vistas sobre el valle del Eresma (Campaña y Rojas 2013). Esta cercanía a ciertas arquitecturas vernáculas castellanas pone de manifiesto la implicación con los condicionantes socioculturales de los cooperativistas y futuros usuarios de las viviendas y según Aracil, buscaba mitigar el shock migratorio de la población rural.

Estos criterios aparecen ya en el primer anteproyecto de ordenación general que desarrolla Aracil en septiembre de 1962 (AMSg). Su aspecto general, próximo a las Unidades de Habitación de Le Corbusier (figura 3), es bien distinto al que finalmente se llevó a cabo, pero en él ya estaban presentes todos

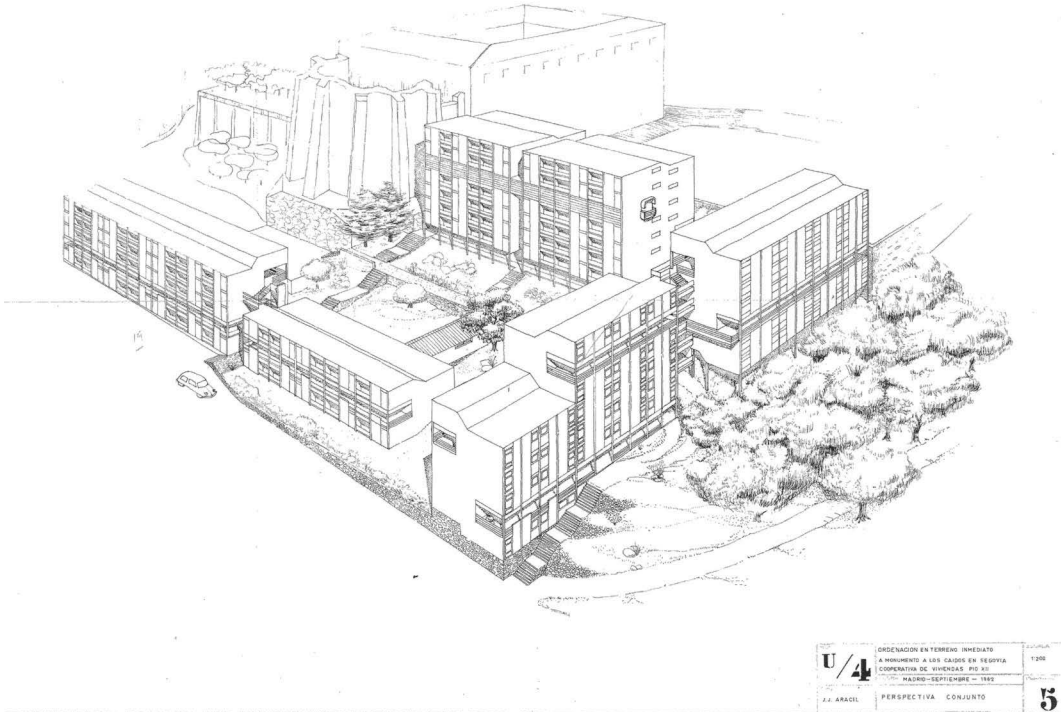



Figura 3
Axonometría presentada en el anteproyecto del 25 de septiembre de 1962. AMSg. Archivo Municipal del Ayuntamiento de Segovia. Taray: A-95

los criterios antes citados, según queda reflejado en la breve memoria del anteproyecto (Sánchez 2014). Aparecía ya una disposición fragmentada en cinco bloques, que buscaba sacar el máximo partido al complicado solar, potenciando sus cualidades más favorables; se empleaba un tipo de vivienda en semidúplex, que garantizaba una ventilación cruzada ya que todas las habitaciones serían exteriores; el acceso a las viviendas se realizaba mediante galerías cubiertas y abiertas, que iban interconectando los bloques mediante tres núcleos de escaleras; se especificaba que el bloque I sería diferente al resto, para poder dar cabida a otros tipos de vivienda; se hacía una aproximación a optimización de las alturas (2,50m de altura libre en vivienda, más un forjado y solado de 0,20m) y se hacía un estudio de la densidad de la propuesta, de 1.360hab./Ha.

El 25 de septiembre de 1962, Alejandro Magdaleno Martín, presidente de la Cooperativa de Vivienda Pio XII, presenta en el Ayuntamiento de Segovia el anteproyecto para la construcción de 117 viviendas, un local social y una escuela de párvulos para su aprobación. Se inicia así un proceso burocrático no exento de polémica, que marcará el desarrollo del proyecto y su ejecución, que se dilatará hasta 1965.

El 2 de octubre de 1962 el arquitecto municipal redacta un primer informe donde advierte de la inadecuada altura de los bloques en relación con las calles limítrofes y el «criterio racional y excesivamente moderno» para ese emplazamiento. Afirmaba que en el Recinto Histórico-Artístico la distribución de bloques y alturas proyectadas alteraba el aspecto del conjunto, modificando la panorámica desde el mirador de la Lastrilla. Por todo ello, el proyecto se remitió el 3 de octubre a la «Comisión Provincial de Monumentos». Un mes después, en una comisión en la que se cita a Aracil para explicar el proyecto, se decide informar favorablemente el anteproyecto, aunque con alguna objeción. El Bloque I debía reducir dos plantas su altura, las fachadas debían tratarse confor-

me a la construcción tradicional segoviana, para no desentonar en el entorno y las cubiertas debían ser de teja curva. Este informe se envió a la «Dirección General de Bellas Artes», que el 6 de marzo de 1963 da su aprobación al proyecto, nuevamente con condiciones: en las fachadas se suprimirían los huecos apaisados y los remates violentos, sin cornisas ni tejados, por no estar en armonía con el casco histórico; además, durante la construcción se permitirían las inspecciones del «Arquitecto de la 2ª Zona del Servicio de Defensa del Patrimonio Artístico Nacional», para velar por el cumplimiento de estas disposiciones. El 8 de marzo, tras recibir este informe favorable, el presidente de la cooperativa notifica al Ayuntamiento la naturaleza de la resolución y solicita la aprobación del anteproyecto y el consiguiente permiso de obras.

Ese mismo mes de marzo, Aracil envía una carta al Ayuntamiento razonando la disposición de los bloques y sus alturas «como algo que en conjunto entra dentro de las ordenanzas», al tener que considerarse, según él, el bloque I como edificación interior de manzana, por lo que no debería medirse su altura desde la calle Taray (calle inferior). Además, su altura respecto a la calle de la Policlínica 18 de Julio (calle superior) sería inferior a la del Monumento de los Caídos (las ruinas del ábside la iglesia de los Agustinos).

El 1 de abril de 1963 el arquitecto municipal informará de nuevo a petición de la «Comisión de Obras y Fomento de la Vivienda» del Ayuntamiento. Pese a tratarse de un informe desfavorable, cabe mencionar el tratamiento que da al proyecto como «Ordenación Parcial dentro de esa zona», lo que lo eximiría de un cumplimiento estricto de la ordenanza de construcción del «Plan General de Ordenación». Ese mismo mes de abril, el Ayuntamiento emite la autorización del anteproyecto, poniendo las siguientes condiciones: la cota más alta de los bloques I y II tendría que quedar cinco metros por debajo de la cota del Monumento a los Caídos y que las fachadas debían tratarse en armonía con el casco histórico y respetando la vista panorámica de la ciudad.

En el transcurso de los trámites de licencia del anteproyecto, Aracil ya junto con Miquel y Viloria trabajan en la redacción del proyecto de ejecución, adaptado a las exigencias planteadas en los diversos informes previos (AMSg). Para tratar de agilizar los trámites se redactan cinco proyectos, uno para cada bloque (Bloque I-39 viviendas; Bloque II-20 viviendas; Bloque III-23 viviendas; Bloque IV-12 viviendas; Bloque V-28 viviendas[7]), todos ellos visados en el Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid el 23 de agosto de 1963. En las memorias de los cinco proyectos se hace especial hincapié en «la especial configuración topográfica del terreno y las características histórico artísticas de la zona de la ciudad en que se ubica el grupo»; integración en el conjunto histórico que condiciona la ordenación de los bloques, sus alturas y los materiales empleados en sus fachadas.

El 31 de agosto de 1963 el técnico municipal emite un nuevo informe sobre la última versión del proyecto, observando la, según él, gran monotonía de las fachadas de todos los bloques y señalando nuevamente la inadecuada altura del Bloque I. La polémica con la altura de este bloque quedará zanjada cuando en septiembre de 1963 el aparejador Cándido Segovia Sanz certificó que la altura del Monumento a los Caídos era de 20,15m y por tanto la altura del Bloque I estaba cinco metros por debajo de esta, cumpliendo lo requerido por el ayuntamiento.

Tras pasar nuevamente por la «Comisión Provincial de Monumentos» y la «Comisión Municipal de Obras», en noviembre de 1963 se acuerda conceder licencia de obras, pese al incumplimiento de los criterios de fachada. El ayuntamiento instaba a la Cooperativa a presentar en un plazo de quince días un estudio que garantizase «la necesaria e imprescindible armonía» del conjunto con el ambiente circundante. A los pocos días de emitir el ayuntamiento su informe, la «Dirección General de Bellas Artes» resuelve dar aprobación al proyecto, sin mencionar el estudio complementario solicitado por el ayuntamiento. La Cooperativa entiende tener la aprobación completa y las obras comienzan en la primavera de 1964, tras un trámite de obtención de licencia de unos dieciséis meses.

Gracias a la adaptación a la parcela de los cinco bloques proyectados, se consiguió optimizar los movimientos de tierras, situando cada bloque partiendo de cotas y plataformas naturales y escalonando aquellos que siguen la pendiente (Bloque II y III). Sobre este sistema de plataformas se ejecutó la cimentación de pozos rellenos de hormigón en masa de 180Kg. Toda la estructura se rige por los criterios de racionalidad y economía propios de la época. El empleo de un tipo de vivienda predominante permite crear una modulación óptima de tres crujías de 3,90-3,20-3,90m en el ancho de los bloques y 3,70-4,00m en sentido longitudinal (figura 4). El Bloque I, al alber-

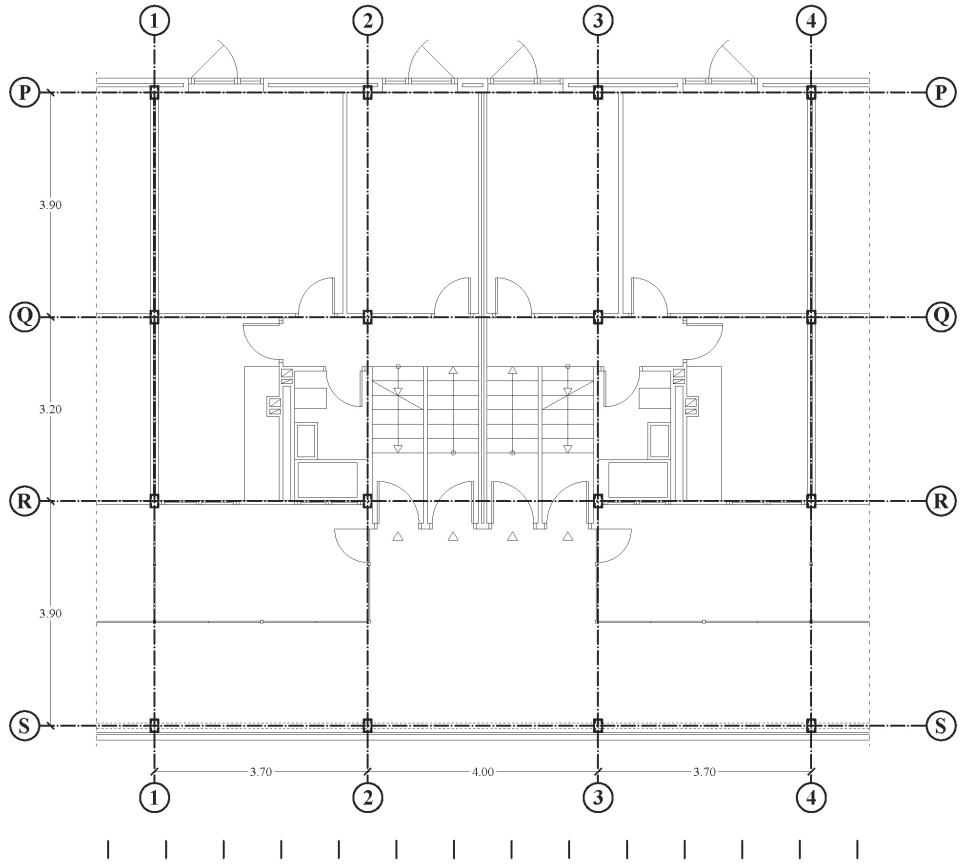



Figura 4
Planta de viviendas tipo y modulación estructural. Elaboración propia

gar tipologías de vivienda distintas, incorpora una modulación diferente a la del resto de los bloques, añadiendo una crujía transversal. Es por tanto 3,20-2,00-4,40-3,80m en el ancho del bloque y 4,40-3,00-3,40-3,00-4,00m en sentido longitudinal. Esta optimización de vanos se aplica también en altura, empleando un módulo de 2,70m, compuesto de 2,50m de altura libre más 0,20m de paquete de forjado y solado.

Toda la estructura es de acero laminado, y es la única fase de la obra que se subcontrató. Se compone de pórticos formados por vigas y perfiles de arriostramiento CNP y PNI (los actuales UPN e IPN) y pilares de doble perfil CNP en cajón empresillado. Todos los pilares se resuelven de igual manera, variando la sección de los perfiles empleados, desde 2CNP-80 a 2CNP-180 (figura 5). En las galerías de comunicación la estructura queda vista, convirtiéndose las presillas de unión en chapones de arriba a abajo. La solución empleada en los pilares permite que las vigas PNI sean pasantes, interrumpiéndose únicamente en las juntas de dilatación. Cuando en el pilar se produce un encuentro entre vigas de distinto canto, se enrasan sus caras superiores para permitir el apoyo del forjado. Estas vigas quedan alineadas con los ejes de los pilares, retranqueándose veinticinco centímetros de la línea de fachada. Sobre este sistema estructural metálico se ejecutarán los forjados unidireccionales, que según la memoria del proyecto serán de piezas cerámicas armadas y hormigonadas a

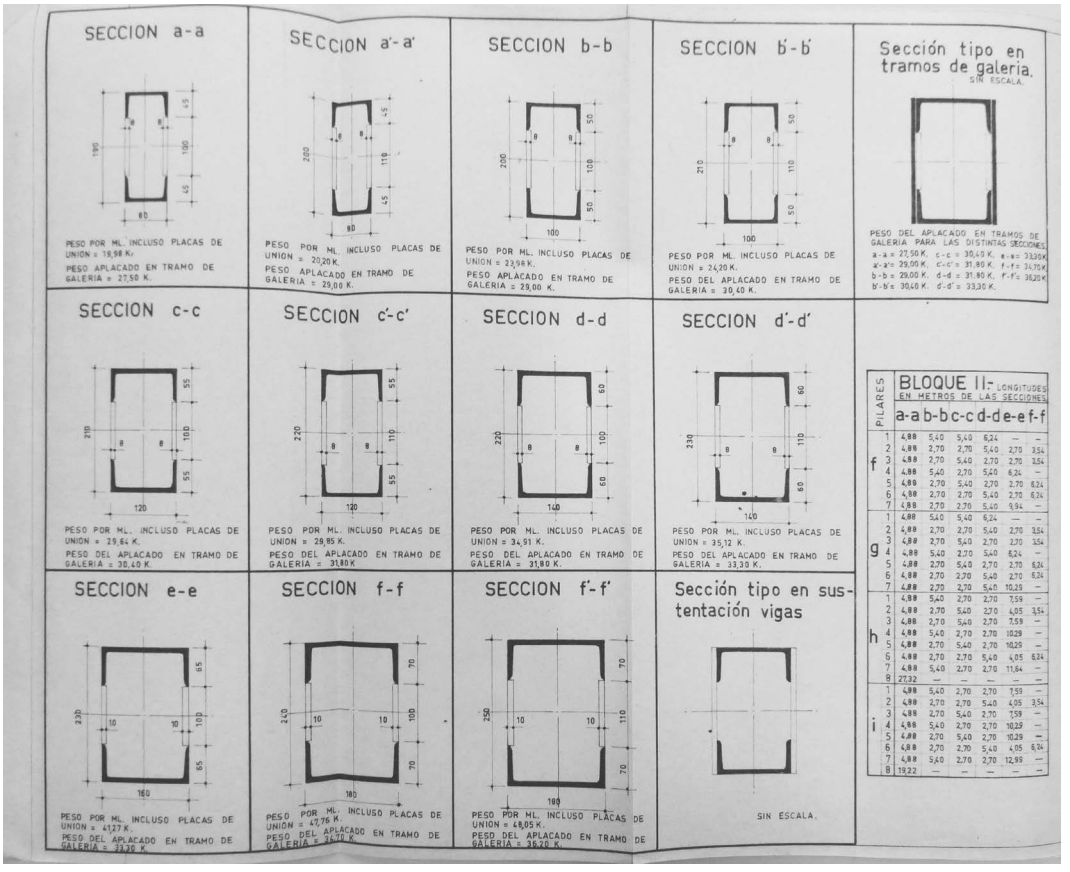



Figura 5
Estructura metálica. Cuadros de características de pilares. Según proyecto de agosto de 1963. AMSg. Archivo Municipal del Ayuntamiento de Segovia. Taray: A-95

pie de obra. Las escaleras, tanto interiores de las viviendas, como las exteriores se ejecutarán con zancas de perfiles metálicos CNP, apoyados sobre la estructura principal.

El 22 de septiembre de 1964, cuando la estructura del Bloque I comienza a destacar sobre el lienzo norte de Segovia, el presidente de la «Comisión Provincial de Monumentos» trasladó a la alcaldía las numerosas quejas de la «opinión popular» en relación con el «desproporcionado volumen que afectaba muy sensiblemente a la panorámica de Segovia, perjudicando de manera esencial a la belleza y el carácter de la zona» (Fontes 1964). En este mismo escrito instaba a la suspensión de las obras hasta que la «Dirección General de Bellas Artes» tomara una decisión al respecto. La respuesta no se hace esperar y el 28 de septiembre el alcalde afirma que, al tener licencia de obras, la paralización resultaba legalmente imposible. Pero al no haber aportado el estudio de fachadas requerido en noviembre de 1963, se ordenó la suspensión preventiva de las obras que afectaran a las fachadas y alturas de los bloques.

Durante el periodo de suspensión de las obras, Aracil redacta un «Estudio de alzado general del núcleo de viviendas» en el que termina de definir de manera detallada los tratamientos a emplear en la ejecución de los cerramientos, entregado en noviembre de 1964 (AMSg). En la sesión del 30 de diciembre de 1964, el alcalde hace una cronología de todo el proceso, hasta llegar a la aprobación por el

director general de Bellas Artes de la memoria y el plano del estudio de alzado, concediendo así la licencia y ratificando la aprobación de la misma, que el ayuntamiento había supeditado al informe favorable de este organismo.

Tal y como afirma Luis Miquel[8], para conseguir la aprobación de la «Dirección General de Bellas Artes» fue de gran ayuda la intervención del Marqués de Lozoya, que había sido director de Bellas Artes. Ejerció como mediador tras escuchar la explicación del proyecto de Aracil y comprobar que, en contra de la opinión pública, el proyecto no tenía un impacto negativo en la fachada de la ciudad. Así mismo recomendó evitar la monotonía cromática para que el conjunto terminara de integrarse en el paisaje (Ministerio de Vivienda 2009).

Superados todos los escoyos de obtención de licencia, paralización y reanudación de las obras, una vez ejecutada la estructura, la construcción siguió su curso, según el proyecto de 1963, el estudio de alzados de finales de 1965 y con una exhaustiva labor de dirección de obra por parte de Aracil.

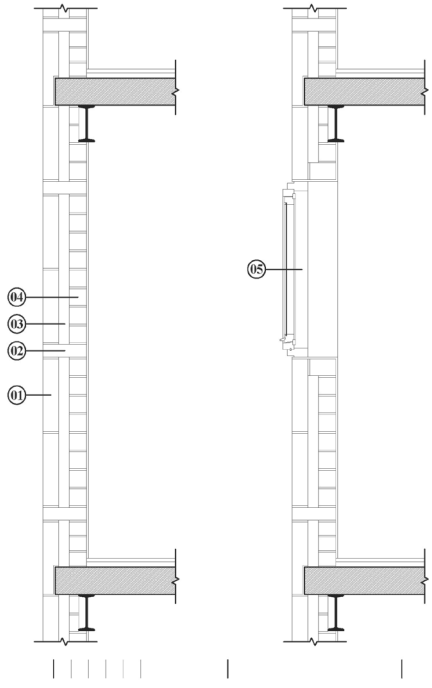



Figura 6
Sección constructiva del cerramiento de fachada. Según proyecto de agosto de 1963. Redibujado, elaboración propia. 01-Bloque de hormigón pintado. 02-Verdugada de ladrillo a tizón con testa vista. 03-Cámara de aire. 04-1/2 pie ladrillo hueco. 05-Carpintería madera de pino

Mención especial merecen los cerramientos de los edificios, que tanto dieron que hablar, para que el conjunto quedara adecuadamente integrado en la ciudad histórica. Aunque en el proyecto de 1963 se especificaba que los cerramientos verticales serían de piezas cerámicas, en el estudio de las fachadas se define una nueva solución, que es la que finalmente se ejecutó. Se trata de bloques de hormigón tratados con un acabado tipo «betón» de textura semi-mate que puede colorearse. Estas piezas se traban al resto del muro mediante verdugadas de ladrillo a tizón, con testa vista. El resto del cerramiento se compone de cámara de aire y medio pie de ladrillo hueco, trabado con la hoja exterior y enfoscado y pintado al interior (figura 6).

Para conseguir la requerida integración en el paisaje segoviano, los bloques delanteros (IV y V) varían los colores de sus fachadas en una gama de rosados y sienas rosados con verdugadas de ladrillo rojo. Los bloques restantes (I, II y III) son ocres y ocres grisáceos con verdugadas de ladrillo ocre. Estos bloques de hormigón fueron pintados uno a uno insitu por un miembro de la cooperativa que tenía conocimiento sobre pintura para exteriores. La colocación de los bloques ya pintados se hizo aleatoriamente, descomponiendo el color y evitando la monotonía cromática. La franja saliente en el Bloque I se diferenció del resto del conjunto al tratarse con un ladrillo pardo, llagueado con junta ancha. Los bajos de los bloques en su arranque desde el suelo se realizaron con mampostería de piedra vista (figura 7).

Las cubiertas se resolvieron con un sistema tradicional de teja árabe, mezclando teja vieja y nueva en manchas, sobre doble tablero de rasilla y tabiquillos de ladrillo hueco sencillo, aligerados con arcos apuntados formados por tres roscas de ladrillo. La teja sigue la manera tradicional de la provincia de Segovia, colocando únicamente las piezas canales, recibidas sobre un lecho de barro, que permite la dilatación. Cada 15 canales se coloca una hilada de cobijas cogidas con mortero. La utilización de este método emplea la sabiduría histórica de la construcción segoviana, favorece la integración en el casco histórico y supone un importante ahorro de material. La cubierta se escalona en el alero para la resolución del

Figura 7
Alzado noreste del conjunto según «Estudio de alzado general del núcleo de viviendas» con fecha de octubre de 1964. Redibujado, elaboración propia

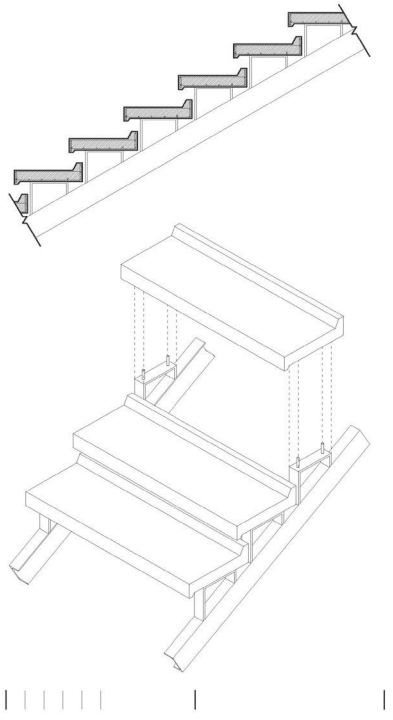


Figura 8
Detalle constructivo de solución prefabricada de escaleras exteriores. Según proyecto de agosto de 1963. Redibujado, elaboración propia

canalón. Este queda oculto visualmente, pero se resuelve con un sistema tradicional de canalón circular y bajantes por fachada.

Las tres escaleras exteriores se resolvieron con un sistema semi prefabricado. Sobre las zancas estructurales de perfiles laminados CNP 120, se soldaron unas placas dobladas que sirven de apoyo de un peldaño prefabricado de garbancillo lavado, con tabica abierta (figura 8). En el estudio de alzados se menciona que las escaleras, por estar entre dos masas, deberían tratarse de la manera más transparente posible, pero por el clima frío en invierno, convendría acristalarlas en los frentes con más exposición. Así se hizo y en las zonas altas de las escaleras se ejecutó un cerramiento formado por un antepecho de chapa tipo «pegaso» y vidrio en la parte superior.

Las galerías de comunicación, como ya se ha mencionado, tienen especial relevancia en este proyecto, y su construcción lo evidencia, remarcando el corte que estas provocan en las masas de los bloques. En ellas, la estructura queda vista y se pinta en tonos marrones. A esta estructura se suelda una barandilla de pletina superior e inferior y redondo, pintada en los mismos tonos que la estructura. Los pavimentos son de loseta de cemento gris, similares a las empleadas en las aceras, lo que refuerza su papel como verdaderas calles. Los fondos de las galerías se enfoscaron en tonos sienas oscuros y sus techos se pintaron en blanco. En ellas (a excepción

Figura 9
Imagen de las galerías de comunicación. PAN-B-001592. 01/02/1966. Pando Barrero, J. M. Fototeca del Instituto de Patrimonio Cultural de España (IPCE) Archivo Pando

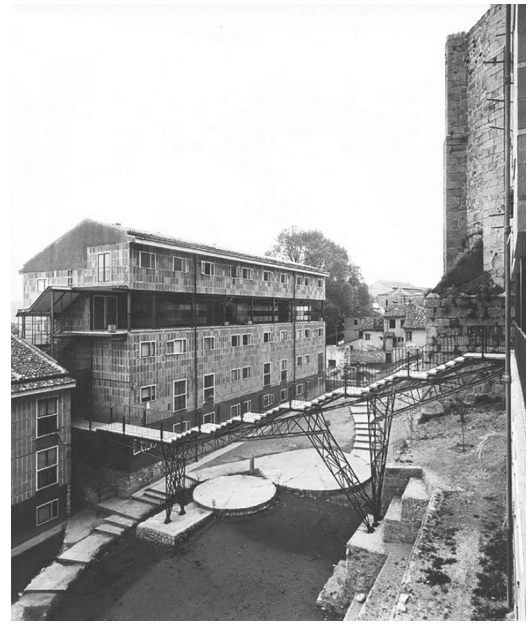


Figura 10
La pasarela de conexión sobre el jardín. Maspons-Ubiña. Junio 1967. Legado Aracil

del Bloque I) aparecen unos cerramientos ligeros, que conforman unos tendederos compartidos cada dos viviendas. Se materializan con una estructura de perfiles normalizados pintados al óleo y unos paños de malla tipo alambrera de hierro galvanizado y otros de vidrio texturado traslúcido (figura 9).

Las carpinterías exteriores de ventanas, colocadas a haces exteriores son de madera de pino pintada al óleo. Los marcos fijos se pintaron en blanco y las hojas abatibles en marrones rojizos. Las puertas de acceso a vivienda son de madera natural, con un enlistonado al exterior que oculta un pequeño paño abatible.

Una vez finalizada la construcción de los bloques, en el verano de 1966, se ejecutó la pasarela de conexión entre la parte alta y baja de la parcela, uniendo la galería inferior del Bloque I y el núcleo de escaleras entre los Bloques IV y V. Se trata de una estructura de barras tubulares de nudos rígidos y tres apoyos intermedios, uno de ellos inclinado. Sobre esta estructura apoyan las zancas y el peldañeado con la misma solución constructiva que en el resto de escaleras del conjunto (figura 10). Ese mismo verano Aracil presentó el «Proyecto de elementos adicionales en la urbanización general», donde se definió el espacio central entre los bloques[9] y la jardinería que este albergaría (Campaña 2017).

## Conclusiones

El propio Aracil sintetizó en «Principio y fin de una utopía» el resultado final de la Unidad Vecinal del Taray seis años después de la finalización de las obras (Aracil 1972). En sus propias palabras, los bloques se han diluido y sumado en el paisaje urbano, enriqueciéndolo. «La edificación es mimética, pero no es pastiche de pura imitación que siempre está condenado al fracaso. Tampoco tiene nada que ver con los ‘bodegones’ y ‘mesones’ que tanto han proliferado; especie de invento del diablo, al que se ha dado en llamar ‘estilo castellano’ y que −por cierto− ni es castellano, ni es estilo, porque nunca −hasta nuestros días− se produjo tan aberrante moda. Las casas de El Taray constituyen simplemente una obra de nuestra época, enraizada en el pasado».

Esa unión entre modernidad y tradición es uno de los grandes valores del Taray. Una propuesta transgresora para la época, que sigue los postulados de las corrientes europeas más avanzadas, asumiendo normativas, técnicas constructivas y materiales locales y tradicionales. Con todo ello se llevó a cabo un con-

Figura 11
Vista del lienzo norte de Segovia con la Unidad Vecinal del Taray ya finalizada. PAN-B-001580. 01/02/1966. Pando Barrero, J. M. Fototeca del Instituto de Patrimonio Cultural de España (IPCE) Archivo Pando

junto que queda integrado en el casco histórico, construye la fachada norte de la ciudad y pasa totalmente inadvertido, ni compite ni perturba la imagen histórica de Segovia (figura 11).

## Notas

1. Tal y como se indica en el artículo «La Lucha por las viviendas accesibles». Artículo publicado en la web de HOAC. 16 de septiembre de 2015. (Palacios, J.L. 2015).
2. Ver ficha de la fundación DocoMoMo ibérico y Catálogo del «Plan General de Ordenación Urbana de Segovia» de 2008. Parte 3.2 Catálogo de Patrimonio Cultural 2.
3. Según relata el propio Félix Díaz en el video de la exposición Reflexiones. El corredor en la vivienda colectiva. Exposición y video. Ministerio de Vivienda. Arquería de Nuevos Ministerios. 14 de mayo-28 de junio de 2009. (Ministerio de Vivienda. 2009).
4. Tal y como reza la memoria descriptiva del proyecto: «El terreno actualmente presenta las siguientes características: a) Fuerte pendiente natural. b) Bajo soleamiento en las horas de la tarde, debido al "Monumento a los Caídos" que avanza en un extremo. c) Humedad, en el rincón constituido por el Monumento y las ruinas del convento de Agustinos. Frente a estas tres características desfavorables, existen otras dos ventajosas. d) Vistas magníficas por sus límites este y norte. e) Parque natural inmediato en el testero norte».
5. Para la Unidad de Habitación del Manzanares, Oiza realizó un esquema donde se ponía en duda los postulados de las Unidades de Habitación de Le Corbusier y se propone sacar las galerías al exterior de los bloques. El proyecto para realizar 600 viviendas frente al Manzanares (1959) no se ejecutó y la solución se materializó en el bloque principal de la Colonia el Calero (1961).

6. Los dos grandes edificios que marcaron la modernidad en los años 60 del siglo XX en Segovia son la «Unidad Vecinal del Taray» y la «Fábrica de Embutidos Postigo», de Francisco de Inza y Heliodoro Dols realizada entre 1963 y 1966.
7. Resulta curioso comprobar que el número de viviendas proyectadas y construidas varía de 117 en el anteproyecto con fecha de septiembre de 1962 a 122 si hacemos la suma de los cinco proyectos de ejecución presentados en agosto de 1963. De las 122 viviendas proyectadas se construyen 114, el Bloque V pasa de 28 a 20. El número final de viviendas ya aparece reflejado en «Principio y fin de una utopía» (Aracil Bellod, J. J. 1972).
8. Luis Miquel habla del proyecto en el video elaborado para la exposición Reflexiones. El corredor en la vivienda colectiva. Ministerio de Vivienda. Arquería de Nuevos Ministerios. 14 de mayo-28 de junio de 2009. (Ministerio de Vivienda. 2009).
9. En el anteproyecto de 1962 aparece una escuela de párvulos en el espacio central, que finalmente no llegó a ejecutarse.

## Lista de referencias


AMSg. Archivo Municipal del Ayuntamiento de Segovia. Taray: A-95.

Aracil Bellod, J. J. 1972. Principio y fin de una utopía. Revista Arquitectura n.166. Número dedicado a Segovia. Madrid. Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid. pp. 49-53.

Architecture d'aujourd'hui. 1970. Unidad vecinal cooperativa Pio XII Segovia. Revista Architecture d'aujourd'hui, N.º 149. pp.49-53.

Benévolo, L. 2010. Historia de la Arquitectura Moderna. Barcelona. Gustavo Gili.

Campaña Barquero, E. M. Doméstico y urbano. la doble escala de la vivienda colectiva a través de El Taray, Park Hill y Golden Lane. Nuevas tipologías urbanas, vivienda colectiva y espacio público, espacios intermedios, doble escala, El Taray. Madrid. Grupo de Investigación en Vivienda Colectiva-Universidad Politécnica de Madrid.

Campaña Barquero, E. M. 2017. La vida entre. Unidad Vecinal de El Taray. Segovia, 1962-1964. Tesis Doctoral Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Departamento de Proyectos Arquitectónicos.

Campaña Barquero, E. M.; Rojas Pérez, G. 2013. Del espacio comunitario al espacio compartido. El intervalo ciudad-casa en el proyecto contemporáneo de vivienda colectiva. Madrid. Grupo de Investigación en Vivienda Colectiva-Universidad Politécnica de Madrid.

Campaña Barquero, E. M.; Movilla Vega, D. 2020. Liminalidad y comunidad. La disolución de lo urbano en la Unidad Vecinal de El Taray. ZARCH, Journal of interdisciplinary studies in Architecture and Urbanism.

Chaves Martín, M. A. 2006. Segovia. Guía de Arquitectura. Segovia. Colegio Oficial de Arquitectos Castilla y León Este. pp. 135, 136, 204 y 205.

Capitel, A. 1986. Arquitectura española, años 50 – años 80. Madrid. Dirección General de Arquitectura y Edificación del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

Fernández Nieto, M. A. 2006. Las colonias del Hogar del Empleado. La periferia como ciudad. Madrid. Tesis Doctoral Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura.

Flores, C. 1961. Arquitectura Española contemporánea. Madrid. Aguilar.

Flores, C.; Güell, X. 1996. Arquitectura de España: guía 1929/1996. Barcelona. Fundación Caja de Arquitectos.

Fontes de, A. 1964. Manes y Desmanes de Segovia. Madrid. ABC Madrid 4 de agosto de 1964 pp. 54.

García Castellanos, M; Rubio Canteli, R. Unidad Vecinal para la Cooperativa Pío XII (Calle Taray). Bases de datos Fundación Documentación y Conservación de la Arquitectura y Urbanismo del Movimiento Moderno.

González Pérez, C.; Núñez González, D. 2018. La unidad de habitación como representación de la sociedad contemporánea. Un análisis retrospectivo de la obra de Aracil. XI Congreso internacional AR&PA.

Palacios, J. L. 2015. La lucha por las viviendas accesibles. Artículo en la web de la "Hermandad Obrera de Acción Católica".

Hogar y Arquitectura.1966. Unidad Vecinal para la cooperativa Pio XII, en Segovia. Revista Hogar y Arquitectura. Revista bimestral de la obra sindical del hogar. N.º 62. pp. 38-49.

Ministerio de Vivienda. 2009. Reflexiones. El corredor en la vivienda colectiva. Madrid. Exposición y video.

Rosón Mozos, M. 2017. J.J. Aracil: experimentación y permanencias de la vivienda colectiva en Segovia. Valladolid. Trabajo Fin de Grado en Fundamentos de la Arquitectura. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid.

Sánchez Lampreave, R. 2014. La Unidad Vecinal de El Taray, Segovia, Entre dos tradiciones. En Modernidades Ignoradas. Indagaciones sobre arquitectos y obras (casi) desconocidas de la arquitectura moderna. Ed. Roberto Goycoolea. Madrid: UAH-RNIU.

Vellés, J. 2018. Oíza. Toledo. Escuela de Arquitectura de Toledo EAT (Universidad de Castilla-La Mancha), Ministerio de Fomento y Puente Editores.

# Las técnicas constructivas de las fortificaciones medievales de la Alpujarra granadina (siglos VIII-XV)

Jorge Rouco Collazo
José Mª Martín Civantos

La Alpujarra es la cara sur de Sierra Nevada, dividida actualmente entre las provincias de Granada y de Almería[1]. Se trata de un área de alta montaña cuyas fortificaciones[2] han supuesto un caso de estudio clásico dentro de la arqueología de al-Andalus (Cressier 1983, Cressier 1984; Trillo 1998). Sin embargo, estas han sido analizadas sobre todo desde la perspectiva del control territorial y de las fuentes escritas, sin centrarse en el análisis de las construcciones propiamente dichas. No obstante, las técnicas constructivas pueden ofrecernos una importante información sobre las cronologías, sus constructores y la tecnología empleada en ellos, área de estudio que tiene bastante tradición para al-Andalus (Azuar 1995; Azuar 2005; Bazzana 1980; Bazzana y Guichard 1987; Gurriarán 2004; Gurriarán y Sáez 2002). En este trabajo presentamos los resultados del análisis de las técnicas constructivas presentes en las doce fortalezas medievales conservadas en la Alpujarra Alta granadina, parte del estudio arqueológico e histórico más amplio de estas fortificaciones (Rouco 2021).

## Metodología de análisis

El proceso de documentación de las técnicas constructivas de los *ḥuṣūn* alpujarreños cuenta con dos vertientes, la gráfica y la caracterización descriptiva. La gráfica se ha realizado a través de fotografías y, sobre todo, fotogrametría *Structure from Motion*. Esta nos permite obtener una documentación tridimensional precisa tanto en dimensiones como en textura[3]. En lo tocante a su caracterización, el análisis de las técnicas se ha realizado dentro del corpus metodológico de la Arqueología de la Arquitectura. Así, además de estar imbricadas con el análisis estratigráfico[4], seguimos los elementos definitorios para describir una fábrica sintetizados por R. Parenti (1988): elaboración de los materiales, aparejo constructivo, sección del muro, dimensiones, acabado final, tipo de mortero o ausencia del mismo. Estas características son sistematizadas para cada tipo de aparejo identificado en un castillo. Una vez analizadas en todas las fortificaciones, se comparan para intentar trazar paralelos entre ellas.

Para la clasificación tipológica de los aparejos seguimos, por coherencia, la tipología creada por J. Mª Martín (2009a) en su estudio de las técnicas constructivas medievales de la provincia de Granada, con ligeras modificaciones.

La caracterización de las técnicas constructivas de las fortalezas alpujarreñas se ha enfrentado a una serie de problemáticas que conviene señalar, puesto que suponen dificultades de identificación, derivadas de su estado de conservación. Los restos en ocasiones son muy escasos, complicando su caracterización y el establecimiento de paralelos entre distintas fábricas. La conservación de las técnicas constructivas resulta además especialmente determinante para la descripción de las dos tipologías más habituales en la Alpujarra, las mamposterías y las tapias. Esto se debe a que el principal elemento de individualización

Tabla 1
Tipologías y subtipologías constructivas contempladas en el estudio

| Tipología | Subtipología | Código |
|---|---|---|
| *Mampostería* | Mampostería no concertada a hueso | M1 |
| | Mampostería no concertada con tierra | M2 |
| | Mampostería no concertada tomada con mortero | M3 |
| | Mampostería concertada | M4 |
| | Mampostería concertada con verdugadas de lajas | M5 |
| | Mampostería concertada con verdugadas de ladrillo | M6 |
| | Mampostería concertada a espina de pez | M7 |
| *Sillarejo* | | S1 |
| *Sillería* | Sillería isódoma | S2 |
| | Sillería a soga y tizón irregular | S3 |
| | Sillería a soga y tizón regular | S4 |
| | Sillería almohadilla a soga y tizón | S5 |
| *Tapial* | Tapial de tierra | T1 |
| | Tapial hormigonado | T2 |
| | Tapial de calicanto | T3 |
| | Tapial calicostrado | T4 |
| | Tapial calicostrado de calicanto | T5 |
| | Tapial real | T6 |
| *Ladrillo* | Aparejo irregular | L1 |
| | Aparejo regular a soga y tizón | L2 |
| | Aparejo regular a soga | L3 |
| | Aparejo regular a tizón | L4 |
| *Aparejo Mixto* | Fábrica de machones de ladrillo con cajones de mampostería | AM1 |
| | Fábrica de machones de ladrillo con cajones de tapial | AM2 |

de las mismas, más allá de sus materiales predominantemente locales, es su aparejo. Para analizar este último resulta necesario conservar el mayor volumen posible para individualizar sus características distintivas.

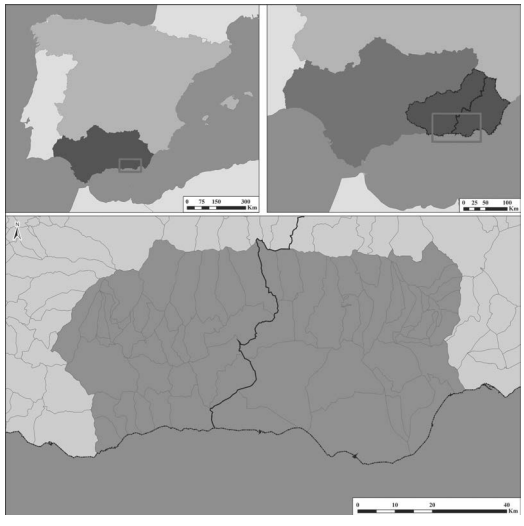


Figura 1
Plano de ubicación de la Alpujarra

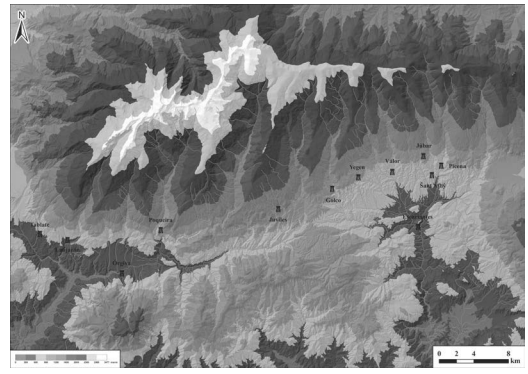


Figura 2
Fortificaciones analizadas en este estudio

## Las técnicas constructivas alpujarreñas

El mal estado de conservación de numerosas de las fábricas documentadas impide realizar una caracterización en detalle de sus aparejos dentro de cada una de las subtipologías. Por ejemplo, en el caso de los tapiales, a menudo resulta imposible siquiera precisar las dimensiones de su módulo o diferenciar si su encofrado era corrido o en cajones. Y más difícil aún resulta caracterizar los elementos auxiliares de este encofrado, aunque con excepciones. No obstante, sí podemos extraer interesante información histórica y cronológica de las tipologías.

Las dos tipologías más habituales en las fortificaciones alpujarreñas son la mampostería y el tapial. Las mamposterías, en sus distintas subtipologías, están realizadas siempre con material local, sin que las piezas sean retocadas previamente a su colocación. Son mayoritarias las mamposterías no concertadas ligadas con mortero de cal o yeso frente a las concer-

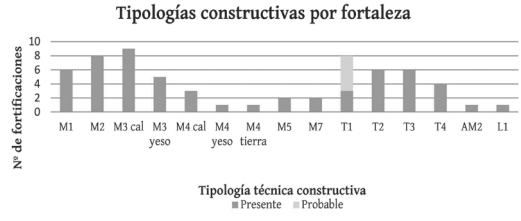



Figura 3
Técnicas constructivas presentes en las fortificaciones de la Alpujarra granadina

tadas. Estas últimas aparecen en elementos de factura más cuidada, como cimentaciones de torres. En lo tocante a la estratigrafía mural, las mamposterías tienden a aparecer mayoritariamente en las primeras fases constructivas de los *ḥuṣūn*, correspondientes a época altomedieval (Rouco 2021, 1110-1119).

Los distintos tipos de tapial también se localizan de forma bastante homogénea en las fortificaciones de la Alpujarra granadina. En los casos en los que puede identificarse, la mayoría de ellos están realizados con un encofrado corrido, excepto el tapial de calicanto (T3) de Escariantes y el tapial hormigonado de la torre Poqueira (T2). La altura del módulo de cajón oscila entre los 60 y los 80 cm.

La subtipología de tapia que menos hemos identificado es el de tierra (T1), con restos en tan solo tres fortificaciones (Órgiva, Escariantes y Picena). No obstante, esto puede deberse en gran medida a su peor conservación respecto a otros tipos de tapial una vez ha perdido su acabado externo. También es probable que, dado que a partir de los análisis estratigráficos también constituye las primeras fases de las fortificaciones, se haya visto paulatinamente sustituido u ocultado por reformas posteriores. Además de en estas tres, tenemos indicios de su probable existencia en otras cinco fortificaciones más. Esto se deduce en algunos casos por el remate escalonado de la mampostería, como en la fase altomedieval de Juviles, preparada para que sobre ella se levantase una tapia. O sobre todo por los grandes rellenos de tierra de los recintos, sin restos de mortero de cal que puedan indicar que el sedimento proceda del derrumbe de otro tipo de tapia. Es por tanto probable que en otras fortificaciones se documente este tipo de tapias si se interviene arqueológicamente.

El hormigonado (T2) es la subtipología de tapia que aparece en más fortificaciones, seis, junto con una variante directa de este, el de calicanto (T3), presente en el mismo número. El hormigonado se emplea por sus características tanto para la realización de aljibes, de difícil adscripción cronológica, como en parte de los lienzos de muralla (Šant Aflīŷ) o torres principales (Poqueira), que por estratigrafía y paralelos son posteriores al siglo XI. La tapia de calicanto aparece también en aljibes, pero sobre todo como aparejo de torres y murallas, como en los casos de Órgiva, Juviles y Escariantes. En la provincia de Granada esta técnica está datada con seguridad a partir del siglo XI, con un impulso inicial en época zirí (Martín 2008, Martín 2009b).

El tapial calicostrado (T4), que se documenta en el sureste de al-Andalus a partir de la época de los impe-

Figura 4
Remate escalonado de los zócalos de mampostería de la muralla de Juviles para servir de base a los alzados de tapia

Figura 5
Tapial hormigonado en cajones de la torre principal del castillejo de Poqueira

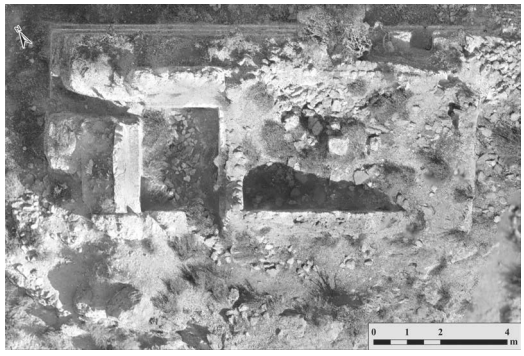



Figura 6
Ortofoto cenital de los restos de la torre del homenaje de Órgiva, realizada con tapia calicostrada

rios norteafricanos (Martín 2009a), tiene una presencia menor. En este caso, solo como lienzos de muralla o torres habitables, con el caso paradigmático de Órgiva. Dada la técnica de este aparejo, compuesto de una costra de cal externa y un núcleo de tierra, esta subtipología también presenta problemas de identificación cuando se encuentra en mal estado de conservación. Así, en ocasiones se ha identificado únicamente los restos de la costra en los derrumbes de la fortaleza, como sucede en el caso de Escariantes.

El tapial está presente en la fábrica mixta con encadenado de ladrillo (AM2) de la torre de Tablate. En esta aparecen dos versiones, con tapial calicostrado en la torre en sí y con tapial de tierra en la cerca anexa.

Por último, el ladrillo (L1) solo se ha documentado in situ y sin formar parte de una técnica mixta como reparación en el interior del aljibe de Órgiva. Sí se han encontrado restos de ladrillo en superficie en distintas fortificaciones, por lo que es posible que en el caso de realizar excavaciones en algunos de ellos se documentarían más aparejos de este material, aunque por lo general debería haber formado parte principalmente de elementos estructurales como vanos de puertas o ventanas, pilares o bóvedas.

## Discusión y conclusiones

Las principales técnicas constructivas presentes en las fortificaciones de la Alpujarra granadina son, por tanto, las distintas tipologías de mampostería y de tapial. Estas técnicas se encuentran distribuidas de forma bastante homogénea entre los distintos *ḥuṣūn*, sin que se pueda apreciar ningún patrón espacial diferenciador.

Figura 7
Cara oriental de la torre de Tablate, realizada con un aparejo mixto de tapial calicostrado y encadenado de ladrillo

Las técnicas constructivas utilizadas en los *ḥuṣūn* son pues de albañilería y tanto la mampostería como el tapial son empleados, además de en las fortificaciones, en la arquitectura doméstica tradicional del área (Delaigue 1991). Por tanto, probablemente parte de la mano de obra en la construcción habría sido local, sobre todo en la ejecución de las fábricas de mampostería y los tapiales menos complejos técnicamente. Mayor complicación técnica tendrá la ejecución de grandes fábricas en las torres y lienzos de muralla realizadas con tapiales hormigonados, de calicanto y calicostrado que se documentan en las últimas fases constructivas de las fortificaciones, tanto por la riqueza en cal de las mezclas como por los en-

cofrados y sus complejos sistemas de sujeción (Gurriarán 2021, 153-156).

No obstante, resulta necesario hacer hincapié también en las cadenas operativas que están por completo ausentes en la construcción de estas fortalezas, la cantería y los aparejos de ladrillo. No hay ningún resto en todas las fortificaciones estudiadas de piedra labrada, limitándose la piedra a ser empleada en las diversas mamposterías. Esta ausencia puede resultar llamativa al ser esta técnica habitual en las fortificaciones y otras obras promovidas por los poderes del Estado en las primeras etapas andalusíes (Azuar 1995; Gurriarán 2021; Martín y Rouco 2021).

El ladrillo aparece únicamente in situ en las reparaciones del aljibe exterior del Castillejo de Órgiva, con un aparejo irregular. No obstante, como ya hemos indicado, sí aparecen más fragmentos de ladrillo en superficie en varias fortificaciones. Es probable pues que existiesen más aparejos de este tipo, tanto en las estructuras defensivas, como podrían ser los accesos, como en las estructuras internas de las fortificaciones que no se han identificado a falta de intervenciones arqueológicas. Algo similar sucede con otra cerámica arquitectónica, las tejas, localizándose escasos fragmentos en superficie. Esto seguramente se deba a que las estructuras internas contarían con cubiertas planas recubiertas con launa como es tradicional en la arquitectura doméstica alpujarreña, techándose con teja solo aquellas estructuras de mayor entidad, como la mezquita del Fuerte de Juviles (Rouco 2021, 462-463).

En lo tocante a la cronología de empleo de estas técnicas constructivas, esta resulta muy amplia teniendo en cuenta la larga ocupación de las fortificaciones[5]. Las secuencias estratigráficas y el análisis de la cerámica recogida en superficie apuntalan la cronotipología para las técnicas constructivas de la provincia de Granada propuesta por J. Mª Martín (2009a).

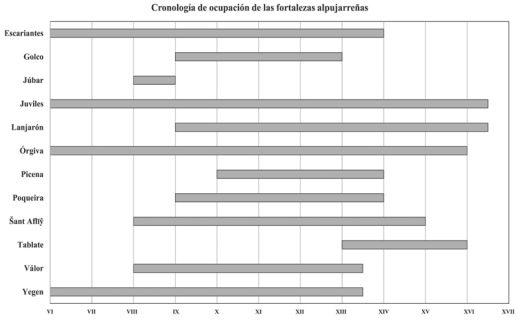



Figura 8
Cronologías de ocupación de las fortalezas de la Alpujarra granadina (a partir de Rouco 2021, 1067)

A partir de las fuentes escritas, las secuencias constructivas y el material de superficie, se ha determinado que la práctica totalidad de las fortificaciones de la Alpujarra granadina, excepto Tablate, tienen su primera fase en época emiral, entre los siglos VIII y IX (Rouco 2021, 1067-1077). En aquellos *ḥuṣūn* en las que se ha podido documentar estas primeras fases, estas están realizadas con mamposterías, concertadas o no, y trabadas con mortero de cal, yeso o simplemente con tierra. Están construidas con material local y, como hemos explicado, seguramente sobre ellas se levantasen tapias de tierra. Las fortalezas en esta fase eran de planta simple, a menudo con un solo recinto aprovechando la topografía montañosa, y con poco aparato poliorcético, con escasas torres y puertas de acceso directo.

Desde época taifa son visibles reformas realizadas en tapial en los *ḥuṣūn* granadinos, en el marco de la eclosión por todo al-Andalus de las obras encofradas desde el siglo XI (Gurriarán 2021; Martín y Rouco 2021). En este momento, en la Alpujarra aparecen tapias de calicanto, como sucede en otros puntos de la taifa zirí de Granada (Martín 2008, Martín 2009b). Estas fábricas presentan una gran resistencia dada a su alta proporción de cal en el hormigón, lo que supone el empleo de una gran cantidad para su construcción.

Los tapiales siguen siendo la principal técnica empleada en las reformas de las siguientes fases constructivas, ya en época de los imperios norteafricanos y nazarí. Así, aparecen reformas con tapiales hormigonados y sobre todo calicostrados, tanto en lienzos de muralla como en la construcción de torres habitables en el interior de los *ḥuṣūn*. Pero la tapia no es el único aparejo empleado desde el siglo XI. La mampostería sigue presente. En muchos casos se aplica sobre todo a reparaciones por su versatilidad en la puesta en obra, pero también hay importantes intervenciones en mampostería. Es el caso de la construcción de la torre del homenaje de la fortaleza de Šant Aflīŷ, realizada enteramente en mampostería, que por la secuencia de ocupación habría que situar entre los siglos XIII y XIV (Rouco 2021, 735-736). Y en

Figura 9
Fábrica en mampostería de la torre del homenaje del castillejo de Šant Aflīŷ

esta misma fortificación, los forros con verdugadas de lajas que se extienden en época nazarí por todo el reino, a partir del reinado de Muhammad V (Acién 1999). Que en la Alpujarra solo se hayan localizado puntualmente en Šant Aflīŷ y Juviles refuerza que la fecha de abandono de la mayoría de las fortificaciones alpujarreñas sea en los inicios del reino nazarí, del siglo XIII (Rouco 2021, 1059-1077).

El uso de la mampostería en las fortificaciones alpujarreñas no se abandona con el fin del período andalusí. Esta será la técnica empleada en el XVI tanto por los castellanos en el nuevo recinto de Lanjarón como en las reparaciones de los moriscos en Juviles durante la Rebelión de las Alpujarras (1568-1571) (Rouco 2021, 474-476 y 492-499). Por tanto, la misma tipología constructiva puede ser empleada por distintos promotores en cronologías diversas, de ahí la importancia de realizar un análisis estratigráfico detallado en el que encuadrar la clasificación y la interpretación.

La información que nos aporta el estudio de las fábricas constructivas de las fortificaciones de la Alpujarra granadina va más allá de los aspectos técnicos de la construcción y de su evolución cronológica. También tiene un gran potencial para hablarnos de quiénes son los promotores y constructores de estas fortificaciones. Esto se enmarca en un debate fundamental sobre la sociedad andalusí con varias décadas de recorrido: el de la relación entre el poder central, representado por los distintos estados que se suceden y sus delegados, y las comunidades locales y cómo esta afecta a la organización del espacio rural (Acién 1992; Azuar 1982, 1998; Bazzana, Guichard y Cressier 1988; Malpica 1998). Los *ḥuṣūn* han sido uno de los catalizadores de esta polémica historiográfica y las técnicas constructivas aportan interesantes datos y argumentos para este debate.

De esta forma, la edificación inicial de las fortificaciones de la Alpujarra en los siglos VIII y IX en el contexto de la fitna, la lucha entre los omeyas de Córdoba por establecer su dominio frente a los elementos tribales y muladíes de al-Andalus (Acién 1997), se realiza como ya hemos visto con mamposterías y probablemente tapias de tierra sobre ellas. Este contexto y el tipo de fábrica, realizado con materiales del entorno y perfectamente ejecutable por mano de obra local, apunta a que son construidas por las mismas comunidades que organizaron su propia defensa en esos momentos. Estos grupos no serían homogéneos, si no que incluirían tanto a elementos árabes llegados tras la conquista como a población de origen hispanovisigodo, fuesen todavía cristianos o ya conversos muladíes.

Entre los recién llegados sabemos por las fuentes escritas que habría elementos de la tribu yemení de los ʻUdra, que tendrían el control de las fortalezas de Escariantes y Šant Aflīŷ ya a finales del siglo VIII (Sánchez 1976). Estos, excepto por algunos conflictos sucesorios iniciales, podemos suponer que se mantuvieron fieles a los omeyas cordobeses.

La población de origen hispanovisigodo resulta más difícil de rastrear por la escasez de datos sobre la Alpujarra en época tardoantigua. No obstante, su presencia se puede rastrear arqueológicamente en Escariantes, Júbar y Šant Aflīŷ. En el primero hay material cerámico tardoantiguo en superficie, aunque sin estructuras asociadas, y en el segundo, ocupado solo en los siglos VIII y IX, la cultura material entronca con la tradición tardoantigua (Rouco 2021, 430-441). Šant Aflīŷ por su parte sería un topónimo de origen hispanovisigodo fosilizado en el árabe, por lo que habría presencia previa a la conquista en esta zona. Su papel en la fitna parece haber sido apoyar a Ibn Ḥafṣūn, líder muladí, en su revuelta contra los omeyas. Así lo indica en su Muqtabis Ibn Ḥayyān, que narra cómo Abd al-Rahmān III conquistó Juviles por ser la cabeza de los hafsuníes en la Alpujarra (Ibn Ḥayyān 1981, 62).

Estos grupos serían por tanto los que impulsarían la construcción de estas fortificaciones. No obstante,

no se ha encontrado ninguna diferencia perceptible en las técnicas constructivas realizadas por estos distintos grupos en conflicto. Tampoco hay restos de ninguna de los aparejos constructivos identificables con una intervención directa de los Omeyas o sus delegados directos, como las sillerías (Gurriarán 2021, 146-149). Esta ausencia se mantiene en la etapa califal, cuando la Alpujarra es dividida en distintos distritos administrativos, denominados ŷuz, con las fortalezas como cabecera (Cressier 1988). No hay ninguna fábrica atribuible directamente al poder cordobés ni ninguna imitación por parte los grupos locales. Ni siquiera en el caso de Juviles, cabeza de la rebelión hafsuní en la Alpujarra. En esta fortificación, su segunda fase constructiva, datada entre los siglos X y XI, está realizada igualmente con zócalos de mampostería sobre los que se levantarían tapias, en clara continuidad con la fase previa. Esto se diferencia claramente de la actuación constructiva califal en otros puntos de esta revuelta, como en su centro de Bobastro (Ardales, Málaga). Allí, tras la victoria de Córdoba, se emplearon aparejos de sillería escuadrada siguiendo los patrones capitalinos, con una clara intención propagandística (Gurriarán 2021, 152). No obstante, resulta necesario recordar que también tenemos constancia de la existencia de fortificaciones realizadas con tapia impulsadas directa o indirectamente por los gobernantes omeyas (Gurriarán 2021; Martín y Rouco 2021). Sigue siendo necesario, pues, continuar el análisis arqueológico y arquitectónico de las obras tempranas de al-Andalus para identificar correctamente las tapias de época omeya.

Con la aparición de los nuevos tipos de tapiales en época taifa, podemos inferir por su complejidad constructiva que hay una participación directa o indirecta en el Estado. Es del programa constructivo realizado por los ziríes de Granada ejecutado con el tapial de calicanto, identificado ya por J. Mª Martín en numerosos puntos de la provincia (2008, 2009b). Este esfuerzo constructivo es evidente en la gran fase de refuerzo con esta técnica en el castillejo de Escariantes, ubicado en la frontera con la taifa rival de Almería. Además, este aparejo en concreto, realizado con un encofrado en cajones y con unos característicos mechinales de morfología triangular, nos lleva a identificarlo como obra de la misma cuadrilla que construyó la alcazaba de Guadix (Rouco, Martín y Benavides 2018, Rouco, Martín y Benavides 2021). La torre de tapial de calicanto de Válor y las estructuras de Šant Aflīŷ también serían parte de este proceso de fortificación de la frontera (Rouco Collazo 2021, 717-742 y 768-787).

Este programa generalizado y la mayor complejidad de su puesta en obra y los recursos necesarios, en especial gran cantidad de cal, apuntan por tanto ya a la intervención directa del Estado en la Alpujarra, tanto para el control de la frontera como para remarcar su autoridad a través de un aparejo específico. Esto, no obstante, no supone el fin de la actividad de las comunidades locales en las fortificaciones, pudiendo haber sido parte de la mano de obra menos especializada o del acarreo de materiales (Torró 1998). Además, la población dependiente de los *ḥuṣūn* seguía teniendo derecho a refugiarse en ellos y la obligación, a través de la sofra (Guichard 1979), de mantener las fortificaciones abastecidas y funcionales.

A partir del siglo XII será más evidente aún la actividad del Estado en las fortificaciones de la Alpujarra granadina, siguiendo una dinámica general en al-Andalus (Azuar 2008). En los siglos XII y XIII se construirán varias torres habitables en el interior de los recintos, a la manera de la torre de homenaje feudal, ejecutadas en tapial hormigonado (Poqueira), calicostrado (Órgiva) o mampostería (Šant Aflīŷ).

En conclusión, podemos observar cómo el estudio de las técnicas constructivas en la perspectiva diacrónica resulta fundamental para aportar nuevas interpretaciones sobre los promotores de estas fortificaciones. En el caso de los *ḥuṣūn* de la Alpujarra granadina, se observa un patrón en el que a partir del siglo XI, el Estado se superpone a las comunidades locales que los habían erigido para su protección. Los distintos poderes buscarán a la vez asentar su control territorial a través del refuerzo de estas fortificaciones, pero también hacer presente su autoridad y legitimidad a través de la construcción (Clément 1997), empleando para ello las grandes tapias encofradas que triunfan desde el siglo XI en al-Andalus, también como arquitectura de poder (Martín y Rouco 2021). Continuar profundizando en la definición, caracterización y secuenciación cronológica de los aparejos presentes en las fortificaciones andalusíes se revela, pues, como un camino fundamental para aportar nuevas respuestas a un debate que apenas ha avanzado en décadas.

## Notas

1. El aparato gráfico en color y a mayor resolución puede consultarse junto con material complementario, incluidas plantas de las fortificaciones analizadas y mapas de dispersión de las técnicas constructivas, en https://doi.org/10.5281/zenodo.6467878.
2. Referidas habitualmente en la bibliografía por el término árabe *ḥiṣn*/*ḥuṣūn*.
3. Dado las limitaciones de este texto, para la descripción detallada de la metodología de documentación fotogramétrica empleada, nos remitimos a J. Rouco (2021, 160-180).
4. Para el análisis estratigráfico de los restos murarios, véase J. Rouco (2021).
5. Para una discusión pormenorizada sobre las secuencias y cronologías, véase J. Rouco (2021), en especial pp. 1059-1120.

## Lista de referencias


Acién, M. 1992. Poblamiento y fortificación en el sur de al-Andalus. La formación de un país de husun. En *III Congreso de Arqueología Medieval Española*. Oviedo. 27 de marzo – 1 abril 1989. Vol. 1, 135-50. Oviedo: Universidad de Oviedo.

Acién, M. 1997. *Entre el feudalismo y el Islam. 'Umar Ibn Hafsun en los historiadores, en las fuentes y en la historia*. 2ª ed. Jaén: Universidad de Jaén.

Acién, M. 1999. Los tugur del reino de Granada. Ensayo de identificación. En *Castrum 5. Archéologie des spaces agraires méditerranéens au Moyen Âge*, editado por A. Bazzana, 427-38. Madrid: Casa de Velázquez.

Azuar, R. 1982. Una interpretación del hisn musulmán en el ámbito rural. *Revista del Instituto de Estudios Alicantinos,* 37: 33-41.

Azuar, R. 1995. Las técnicas constructivas en al-Andalus. El origen de la sillería y del hormigón de tapial. En *V Semana de estudios medievales*, editado por J. J. de la Iglesia Duarte, 125-42. Logroño: Insitituto de Estudios Riojanos.

Azuar, R. 1998. Fortificaciones de taifas en el Sarq al-Andalus. En *Castillos y territorio en al-Andalus*, editado por A. Malpica Cuello, 116-40. Granada: Athos-Pérgamos.

Azuar, R. 2005. Las técnicas constructivas en la formación de al-Ándalus. *Arqueología de la Arquitectura,* 4: 149-60. doi: https://doi.org/10.3989/arq.arqt.2005.80

Azuar, R. 2008. Castillos y espacios marginales de las ciudades en el Sarq al-Andalus (siglos XII-XIII). En *Castrum 8. Le château et la ville. Espaces et réseaux (VI-XIII siècle)*, editado por P. Cressier, 89-108. Madrid: Casa de Velázquez.

Bazzana, A. 1980. Éléments d'archéologie musulmane dans al-Andalus: caractères spécifiques de l'architecture militaire arabe de la région valencienne. *Al-Qantara*, 1 (1): 339-63.

Bazzana, A., Cressier, P. y P. Guichard. 1988. *Les châteaux ruraux d'al-Andalus. Histoire et archéologie des husun du sud-est de l'Espagne*. Madrid: Casa de Velázquez.

Bazzana, A. y P. Guichard. 1987. La construction en terre dans l'Espagne musulmane: les tabiyas. En *Le patrimoine européen construit en terre et sa réhabilitation. Colloque international*, 99-119. Villeurbane: ENTPE.

Clément, F. 1997: *Pouvoir et legitimité en Espagne musulmane à l'époque des taifas (V/XI siècle). L'imam fictif*. París: L'Harmattan.

Cressier, P. 1983. L'Alpujarra médiévale: une aproche archéologique. *Mélanges de la Casa de Velazquez*, 19: 89-124.

Cressier, P. 1984. Le château et la division territoriale dan l'Alpujarra médievale: du hisn à la ta'a. *Mélanges de la Casa de Velazquez*, 20: 115-44. doi: https://doi.org/10.3406/casa.1984.2413

Cressier, P. 1988. Fonction et évolution du réseau castral en Andalousie orientale: le cas de l'Alpujarra. En *Castrum 3. Guerre, Fortification et Habitat dans le Monde Méditerranéen au Moyen Âge*, editado por A. Bazzana, 123-34. Roma.

Delaigue, M.-C. 1991. L'habitat rural d'Andalousie orientale: quelle tradition? *Mélanges de la Casa de Velazquez*, 27 (1): 101-25.

Guichard, P. 1979. Le problème de la sofra dans le royaume de Valencia au XIIIe siècle. *Awraq*, 2: 64-71.

Gurriarán, P. 2004. Hacia una construcción del poder. Las prácticas edilicias en la periferia andalusí durante el Califato. *Cuadernos de Madīnat al-Zahrā'*, 5: 291-325.

Gurriarán, P. 2021. Cambio y ruptura en la arquitectura monumental durante el siglo XI: de la cantería al tapial. En *El coste de la construcción medieval. Materiales, recursos y sistemas constructivos para la petrificación del paisaje entre los siglos XI y XIII*, editado por R. Maira Vidal y A. Rodríguez, 143-63. Madrid: Instituto de Historia, Instituto Juan de Herrera.

Gurriarán, P. y Á. J. Sáez. 2002. Tapial o fábricas encofradas en recintos urbanos andalusíes. En *Actas del II Congreso Internacional La ciudad en al-Andalus y el Magreb, Algeciras, noviembre 1999*, 561-625. Granada: El Legado Andalusí.

Ibn Ḥayyān. 1981. *Crónica del califa 'Abdarrahman III an Nasir entre los años 912 y 942 (al-Muqtabis V)*. Editado por M. J. Viguera Molins, F. Corriente Córdoba y J. M. Lacarra. Zaragoza: Anubar.

Malpica, A., ed. 1998. *Castillos y territorio en al-Andalus*. Granada: Athos-Pérgamos.

Martín, J. M. 2008. El tapial de cal y cantos: una técnica constructiva de Época Zirí (s. XI). En *A ocupação islâ-*

*mica da Península Ibérica: actas do IV congresso de arqueologia peninsular (Faro, 14 a 19 de Setembro de 2004)*, editado por N. Ferreira Bicho, 125-38. Faro: Universidade do Algarve.

Martín, J. M. 2009a. Ensayo de sistematización de las técnicas constructivas andalusíes de la provincia de Granada. En *Arqueologia medieval. La transformació de la frontera medieval musulmana*, editado por F. Sabaté y J. Brufal, 119-51. Lledia: Pagès editors.

Martín, J. M. 2009b. Sistematización y datación de las técnicas constructivas andalusíes en el territorio de Ilbira-Granada: el caso del tapial de cal y cantos. En *Construir en al-Ándalus*, editado por Á. Suárez Márquez. Vol. 2: 205-31. Almería: Consejería de Cultura.

Martín, J. M. y J. Rouco. 2021. De la piedra a la tierra. Otras concepciones y otras formas de construir en al-Andalus. *Archeologia dell'Architettura*, 26: 219-31.

Parenti, R. 1988.: Sulle possibilità di datazione e di classificazione delle murature. En *Archeologia e restauro dei monumenti*, editado por R. Francovich y R. Parenti, 280-304. Firenze: All'Insegna del Giglio.

Rouco, J. 2021. *Las fortificaciones medievales de la Alpujarra Alta desde la Arqueología de la Arquitectura y del Paisaje*. Granada: Universidad de Granada. http://hdl.handle.net/10481/71115

Rouco, J.; Martín, J. M. y J. A. Benavides. 2018. Análisis arqueológico de la torre-puerta de la alcazaba de Guadix (Granada). *Arqueología de la Arquitectura*, 15: e072.

Rouco, J., Martín, J. M. y J. A Benavides. 2021. Building Archaeology of the Alcazaba of Guadix (Granada, Spain): An Example of Implanting Power in the Urban Centres of Al-Andalus. *International Journal of Architectural Heritage*, 15 (11): 1685-706.

Sánchez, M. 1976. La cora de Ilbira (Granada y Almería) en los siglos x y xi, según Al-'Udri (1003-1085). *Cuadernos de Historia del Islam*, 7: 5-82.

Torró, J. 1998. Fortificaciones en Yibal Balansiya. Una propuesta de secuencia. En *Castillos y territorio en al-Andalus*, editado por A. Malpica Cuello, 385-418. Granada: Athos-Pérgamos.

Trillo, C. 1998. *La Alpujarra antes y después de la conquista castellana*. Granada: Universidad de Granada.

# Cuatro centrales hidráulicas en el valle del Nansa: historia de su construcción y aportaciones para su comprensión

María-Luisa Ruiz-Bedia

Las características del río Nansa (Cantabria) con un caudal y desnivel en el cauce relativamente importantes, hacen de él un emplazamiento idóneo para disponer aprovechamientos hidroeléctricos. Los primeros proyectos que plantearon la instalación de centrales para la generación de energía eléctrica datan del último cuarto del siglo XIX, pero no será hasta los comienzos del XX cuando éstos se materializan, gracias a las ideas del ingeniero de caminos Alberto Corral Alonso de la Puente quien adquirió concesiones administrativas de caudal y elaboró un estudio exhaustivo del río Nansa y sus afluentes, con el objetivo de realizar un aprovechamiento integral de toda la cuenca.

La construcción comenzó en la década de 1920, pero la guerra civil interrumpió las obras, y sus consecuencias la reanudación ágil de las mismas, de modo que hasta el verano de 1941 no fue posible retomar los trabajos. En ese tiempo España se enfrentó a un acuciante problema de escasez de energía, con restricciones al consumo, lo que motivó un cambio sobre el planteamiento inicial, y se decidió disponer de un embalse regulador en cabecera con objeto de que la mayor parte de la energía producida fuese de tipo permanente. Para afrontar esta empresa más compleja se constituyó en 1941 la sociedad anónima Saltos del Nansa, con el objeto de construir y explotar un conjunto de aprovechamientos hidroeléctricos pensado para generar y suministrar energía para uso industriales.

## Los Saltos del Nansa y sus centrales

El aprovechamiento hidroeléctrico se ordenó en cuatro saltos: Peña de Bejo (en el término municipal de Tudanca), Rozadío y Celis (en el término municipal de Rionansa) y Herrerías (en término de Herrerías), todos ellos de la antigua provincia de Santander. Cada uno de los saltos consta de un sistema de captación, una conducción en canal, un depósito de carga y una tubería forzada hasta la instalación de la central, donde una vez turbinada el agua es devuelta al curso fluvial. Una descripción pormenorizada de cada una de las construcciones del aprovechamiento puede leerse en Ruiz- Bedia et al. (2011), y observarse en el croquis que contiene la figura 1.

### Salto I, Peña de Bejo

El salto de Peña de Bejo es el más complejo en organización y el más significativo, ya que comprende la presa de La Cohilla, que en la fecha de su puesta en servicio fue la presa bóveda más alta de España (Sáinz y Ruiz-Bedia 2002; Díez-Cascón y Bueno 2001), y cuyo embalse asegura la capacidad generadora de energía de todo el sistema Nansa. Su funcionamiento determina el modo en que lo hacen los otros tres saltos. Entró en funcionamiento en el año 1947, antes del embalse parcial de La Cohilla (1950) y el llenado completo del mismo (1951).

Figura 1
Esquema territorial del conjunto de aprovechamientos hidroeléctricos de Saltos del Nansa (Ruiz-Bedia et al. 2011)

El conjunto del salto consta de una captación doble, la toma de La Cohilla (capta las aguas embalsadas por la presa) y el canal del Vendul (capta caudal de arroyos afluentes tributarios del Nansa). La primera se realiza mediante una galería a presión que discurre excavada a través de las peñas de la margen izquierda del embalse, está formada por varias alineaciones en túnel de casi 2 km de longitud y sección cuadrada (2x2 m) revestida de hormigón. La toma principal del Vendul se hace mediante un azud con vertedero que capta para un canal, de tipología muro-cajero cuyo trazado, de casi 12 km, discurre en su mayoría a cielo abierto. También recibe aguas de los arroyos interceptados en su recorrido.

La galería a presión de la Cohilla dispone de una chimenea de equilibrio, situada antes del empalme con la tubería forzada. Además de su finalidad habitual, proteger los túneles anteriores a la conducción forzada de los fenómenos de golpe de ariete, sirve también como punto de captación de las aguas transportadas por el canal de Vendul. A su vez, ello permite que se use este canal para verter aguas al embalse en situaciones en las que se encuentre vacío.

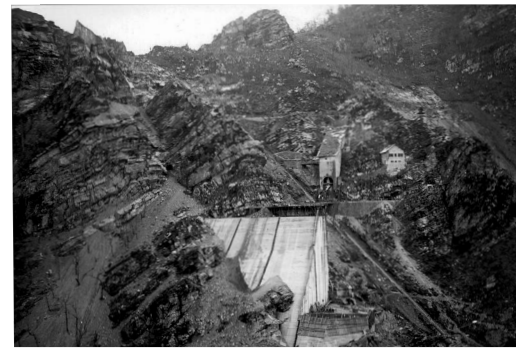


Figura 2
Las obras de la presa de La Cohilla en el otoño de 1945, cuando se iniciaron los trabajos de hormigonado en los bloques más altos de la presa, correspondientes al estribo de gravedad de la margen derecha. (Ruiz-Bedia et al. 2011)

La conducción forzada desde el final del túnel a presión hasta las turbinas de la central se hace me-

Figura 3
Trabajos de preparación del salto: acopio de tubos (dcha.) y apertura de caminos de acceso a la ladera (izda). Simultáneamente se desarrollaban las labores de construcción de la presa y contraembalse de la central. (Ruiz-Bedia et al. 2011)

diante una tubería de presión de 626 m. de longitud colocada sobre apoyos normales y macizos de anclaje, estos en dónde tienen lugar los cambios de rasante para absorber y transmitir los esfuerzos al terreno. Está construida con chapa de acero doblada y soldada longitudinalmente con un diámetro interior constante de 1.200 mm.

El emplazamiento de la central, en La Lastra, se decidió en los primeros proyectos de aprovechamiento del río Nansa, a finales del siglo XIX, y se mantuvo durante los años en que se fueron ampliando las concesiones y se realizaron los distintos estudios y proyectos para la mejora del aprovechamiento. Al término de los mismos, la principal ventaja que presentaba esta central era que reunía buenas condiciones para ser utilizada como central de puntas (una central de puntas cubre la demanda de energía eléctrica en las horas punta, poniéndose en marcha y trabajando en paralelo

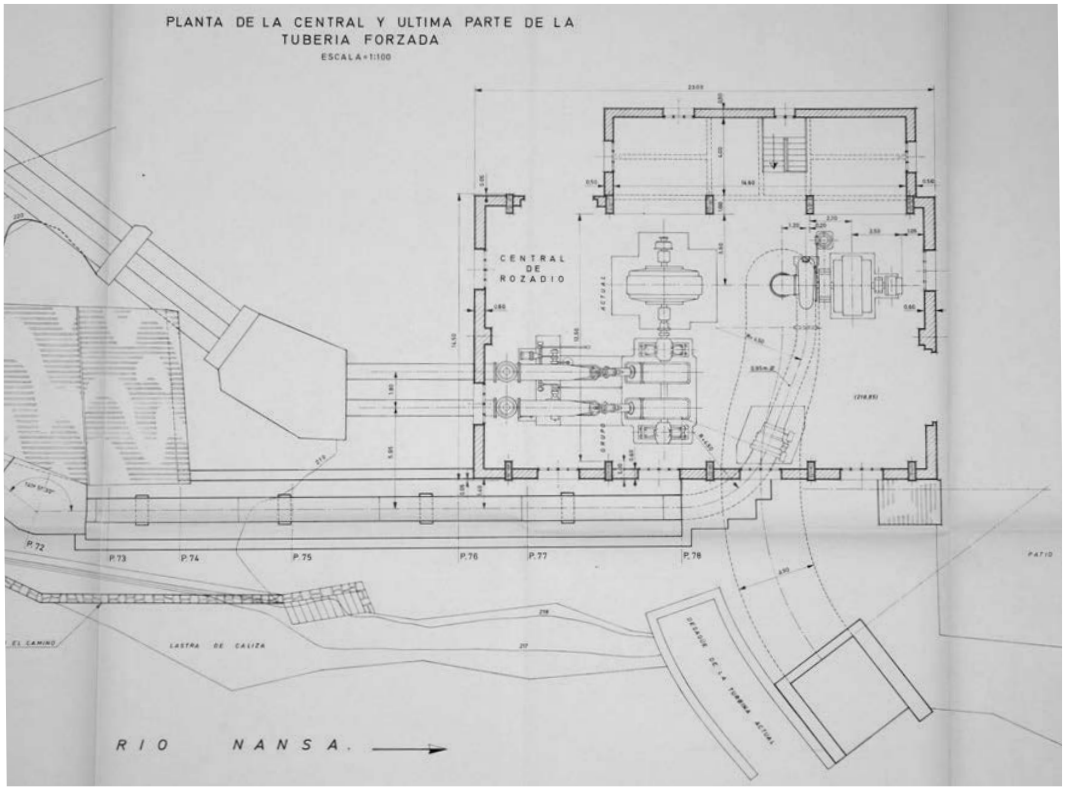



Figura 4
Plano de la planta de la central de Peña de Bejo. A la derecha aparece grafiado el espacio dejado al tercer grupo. (Proyecto modificado, 1942)

con la central principal) y con pequeñas variaciones de caudal se podían obtener en ella grandes variaciones de energía. Tenía las características de una central de pie de presa, es decir, aprovechando el desnivel creado por la propia presa, con el embalse como depósito de carga y una altura de salto de más de 300 metros según el nivel del agua en el embalse. El máximo caudal a utilizar por el salto es de 6m$^3$/segundo y los equipos instalados tienen 17,9MW de potencia conjunta operativa, aunque las placas de características de los alternadores indican 13MW por grupo. En el año 2001 se sustituyeron rodetes y alternadores, pero se han mantenido las carcasas originales.

En proyecto, al edificio de la central se le dotó de una planta de 18m x 10m, con las toberas dispuestas a 3 m. sobre la superficie del agua en el contraembalse, margen suficiente para que no fuesen anegadas las turbinas. Al estar situada muy próxima al río el canal de descarga no es una construcción de envergadura. También se dejó prevista la instalación de un puente – grúa capaz para 30tn. Tal y como se proyectó se instalaron dos grupos en esta central, tipo PELTON de rueda doble y doble inyección, con una potencia de 10.300 cv y 500 revoluciones por minuto. No se pensó en mayor número de revoluciones porque la variación de altura del salto al vaciarse el embalse provocaría oxidación en los álabes. La construcción de las turbinas se hizo con maquinaria de la casa Talleres de Miguel de Prado de Valladolid, "…*de absoluta garantía técnica"* a juicio del ingeniero (Proyecto Saltos, 1942); y la instalación eléctrica con un proyecto de la casa Siemens S. A. Consideraba el proyectista que en esa época casi toda la maquinaria podía hacerse en España, con la excepción de maquinaria auxiliar como interruptores en baño de aceite y aparatos de protección. En la época había que dar protagonismo a la industria nacional, y así debía reflejarse en los proyectos, "…*pero si hay que importar algo de maquinaria para instalar el salto será una cosa mínima"* argumentaba Alberto Corral (Proyecto Modificado, 1942). También se decidió la instalación exterior de la transformación, con los cuadros de distribución y los aparatos de 6.000v y 55.000v.

En general, se impuso el criterio de reducir los equipos en las centrales al mínimo. Instalar pocos grupos tenía la ventaja de ser más barata la maquinaria (por tratarse de unidades mayores), de ahorrar en el colector de las turbinas, y de reducir el edificio de la central con menos gastos en cimentación y desagües. La desventaja eran las averías, que obligaban a parar toda la central o la mitad, pero se justificaba que esto era relevante en una central aislada, no en una que formaba parte de un sistema e iba acoplada en una red de importancia. Como puede observarse en la figura siguiente, en la disposición de la central se dejó espacio para un tercer grupo de reserva, que nunca llegó a instalarse. En la actualidad ese espacio está ocupado por antiguo grupo auxiliar en desuso. La central desagua en el contraembalse de La Lastra, donde se origina el segundo salto.

**Salto II, Rozadío**

La presa vertedero de gravedad de La Lastra, también llamado el contraembalse, genera un pequeño embalse (0,08 Hm$^3$ de capacidad útil) que recoge las aguas turbinadas por la central anterior y las propias del río Nansa. Del estribo izquierdo de la presa arranca el canal, que se desarrolla a lo largo de 13 km, trazado a media ladera coincidente con las curvas de nivel del terreno. En su recorrido salva varios arroyos mediante acueductos y otras estructuras de paso menores (alcantarillas, tajeas).

Es de sección rectangular y actualmente cubierto. Aunque la cubrición de los canales que discurren a media ladera y con grandes pendientes es una práctica habitual para evitar aterramientos producidos por derrumbes, este de Rozadío se construyó cubriendo

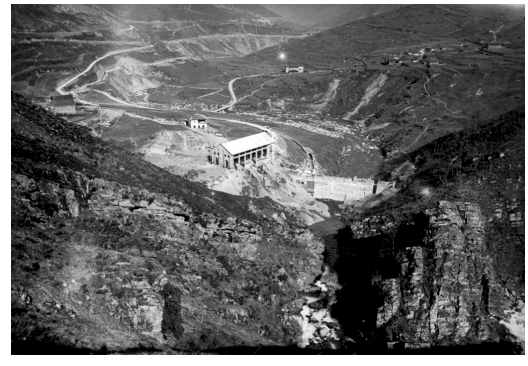


Figura 5
Tramo inicial del canal de Rozadío, descubierto. En el centro de la imagen se observa el edificio de la central, la presa del contraembalse y una de las viviendas para personal técnico. A la derecha el pueblo de Tudanca, la Tablanca perediana descrita en la novela Peñas Arriba (Ruiz-Bedia et al. 2011)

Figura 6
Caseta de válvulas y primera tubería forzada del Salto de Rozadío, ca. 1950. Junto a la caseta están depositadas las cimbras de madera usadas para la cubrición de los tramos abovedados del canal. (Ruiz-Bedia et al. 2011)

Figura 7
Interior de la central de Rozadío, con el primer grupo PELTON (Ruiz-Bedia et al. 2011)

con bóveda sólo algunos tramos, para evitar que los derrumbes de laderas colmataran el canal. El máximo aporte de caudal (6.000 l/seg.) procede de la cuenca del salto anterior, y se complemente con el aporte (855 l/seg.) de una cuenca suplementaria que intercepta en su desarrollo. El trazado actual data del año 1942. El 1972 se aumentó su capacidad, lo que hizo necesario recrecer los cajeros.

Las aguas transportadas son desaguadas en lámina libre en un depósito, del que parten las tuberías de presión hasta la central. La conducción forzada que hoy se observa está integrada por tres tuberías colocadas en diferentes épocas, una en 1945, la segunda, idéntica, en 1952, y la tercera tras la ampliación de 1972. Todas son de sección circular y similar longitud, están fabricadas en chapa de acero y se asientan en apoyos y macizos de anclaje; las más antiguas son de menor diámetro y transportan menos caudal. Los tubos se fabricaron en talleres de la región, de donde salían ya soldados hasta su emplazamiento, aquí se montaban encajando mediante uniones roblonadas y bridas.

Las dos más antiguas (Grupo I) llegan perpendicularmente a la fachada de la central, por donde se conectan con los rodetes. La tercera tubería (Grupo 2) se entierra y recorre en paralelo una de las fachadas antes de llegar al rodete. A diferencia de lo que sucede en la central anterior, las válvulas de compuerta están en el interior.

La ubicación de la central data de la década de 1920, y se configuró en respuesta al mercado eléctrico imperante en los años cuarenta con una punta de unas cuatro horas de mañana debido al consumo industrial, y otra de alumbrado en las primeras horas de la noche. A causa de la industrialización y el desarrollo del consumo electrodoméstico, para el año 1962 había cambiado totalmente el mercado nacional, con una nueva distribución de horas punta y valle. Por esta razón se adaptó el funcionamiento de los saltos a las nuevas condiciones, y ahí radica la ampliación en potencia y caudal de la central de Rozadío.

El primer grupo entró en funcionamiento en el invierno de 1946. En 1955 accionaba un grupo con una turbina Pelton con alternador “Brown Boveri”. En 1975 se incorporó un segundo grupo, con turbina FRANCIS de eje horizontal, coincidiendo con la ampliación al doble de la capacidad portante del canal.

Actualmente, la explotación del sistema Nansa está centralizado en esta instalación, desde donde se telemandan las otras centrales, las compuertas de vertido de las presas y el telearranque de algunos limpiarrejas de las cámaras de carga.

Cuando se estaban tramitando los proyectos de los dos primeros saltos se decidió estudiar el aprovechamiento del tramo del río Nansa aguas abajo de Rozadío, porque quedaban 219 m de desnivel hasta el mar y se consideraba que una vez estuviese regulado el río mediante el embalse de La Cohilla cabían en el tramo otros saltos hidráulicos. Así, en 1945 se obtuvo una nueva concesión que se materializó con la construcción de los saltos de Celis y Herrerías.

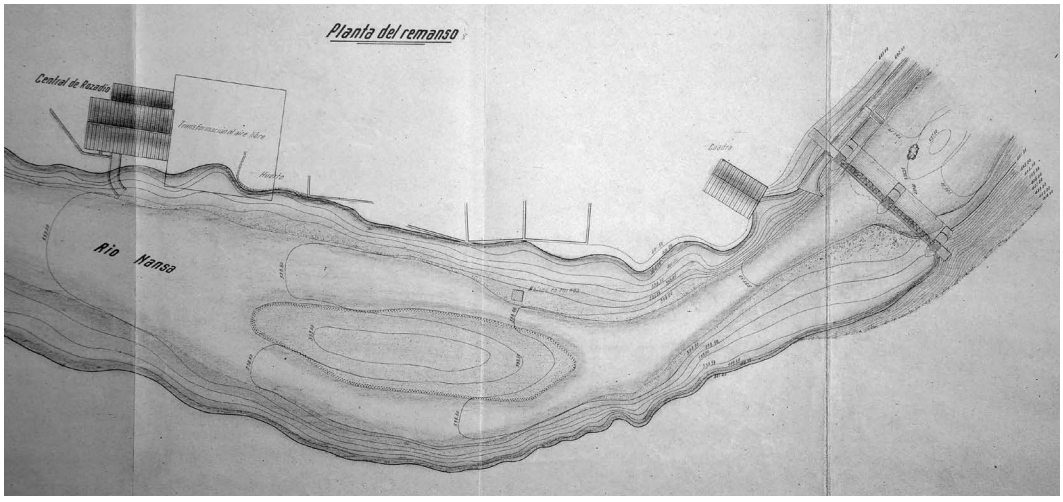



Figura 8
Planta del azud de Celis y toma del canal, mediante un antecanal perforado en el estribo izquierdo (Proyecto aprovechamientos, 1944)

Figura 9
El sifón de Rioseco ca. 1950 (Ruiz-Bedia et al. 2011)

Las obras comenzaron ese mismo año, y pudieron acogerse a los beneficios que otorgaban las leyes, como la expropiación forzosa de los terrenos necesarios, el suministro preferente de materiales o los derivados de la "Necesidad Nacional". El informe del ingeniero de la División Hidráulica del Norte de España resalta que "… la energía producida con los saltos 1 y 2 de 100 millones de kw/h al año se sumará con estos dos en proyecto 54 millones más y que esto es crucial en el estado de falta de energía que vive España en este momento" (Proyecto Aprovechamientos, 1944). En 1955 la central producía 38 millones de kw/h al año.

## Salto III, Celis

El salto de Celis tiene su principal captación aguas abajo de la central de Rozadío, mediante un azud móvil, obra de fábrica que consiste en tres apoyos que forman dos vanos cerrados con una viga que contiene el sistema de elevación de las compuertas, asentadas sobre la solera de amortiguación. La conducción en canal se desarrolla a lo largo de poco más de 10 km salvando un desnivel de 10,45 m; la mayor parte del trazado discurre a media ladera, intercalándose tramos en trinchera y en túnel. En su recorrido

debe atravesar algunas vaguadas de cierta entidad para lo que necesitó obras de paso, como el sifón-acueducto de Rioseco. (Herrera, 2013)

Esta estructura que funciona a modo de tubería de presión tiene 175 m de longitud y salva un desnivel de 23 m. La conducción se resuelve con sección transversal circular en los tramos descendente y ascendente, y con igual sección, reforzada, en los cuatro cuadrantes en la parte del acueducto, ya que al tratarse de la parte inferior del sifón la presión hidráulica que se ejerce en ella es elevada. El acueducto consta de ocho vanos (luces de 7 m), uno de los cuales aloja la válvula de purga de agua y lodos para el vaciado del sifón.

Tras desaguar en el depósito de carga, se inicia la conducción forzada, que consiste en una tubería de chapa de acero de más de 230 m. de longitud que conduce el agua hasta la central donde, antes de entrar, se divide en dos ramales, uno a cada turbina. El equipo consiste en un grupo único integrado por dos turbinas FRANCIS de eje horizontal y un único alternador trifásico, proporcionando a la central una disposición singular con las dos turbinas –que no son intercambiables, de modo que cada una está diseñada para funcionar en su lado- ubicadas a ambos lados del alternador. La central fue diseñada para funcionar con una sola turbina, arrastrando la otra en vacío, pero este modo no se utiliza. En el año 1998 las turbinas y el alternador se han modernizado, pero siguen alojados en las carcasas originales. La tecnología empleada fue, para las turbinas, la suministrada por los Talleres Miguel de Prado, S.A., y para el alternador trifásico un modelo de General Eléctrica Española.

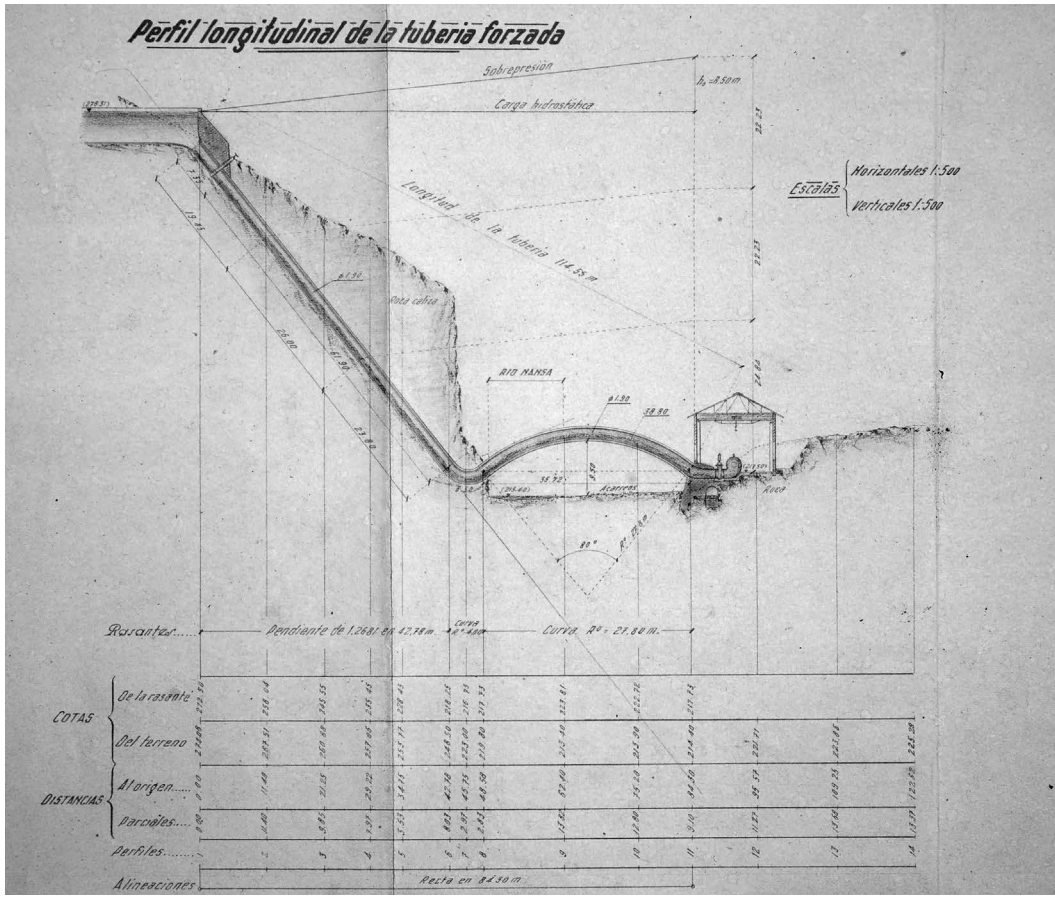
## Salto IV, Herrerías

La central de Herrerías (Camijanes) se alimenta del agua que discurre por el canal de Herrerías, el de menor longitud (poco más de 7 km.) del Sistema Nansa pero el de mayor capacidad portante. Recoge las aguas turbinadas por la central de Celis y las del río Lamasón, contenidas en el embalse de Palombera mediante una presa vertedero de gravedad, ubicada sobre calizas de gran resistencia y pureza por lo que para su cimentación sólo fue necesario retirar acarreos del cauce. Comenzó a construirse al final del año 1945 y entró en servicio en 1949, dotándose de una escala para peces que en su momento fue la más grande de España. Un déficit funcional en la disposición de la compuerta sumergida reguladora de la entrada de agua al canal la hizo inservible, por lo que la escala quedó inutilizada. En 2020 se puso en funcionamiento un sistema integral de remonte, mediante un ascensor, y de descenso, mediante escalas, una de las cuales reutiliza la primitiva construida (Acciona, 2022).

Al final del canal, una cámara de carga a cielo abierto conecta con la conducción forzada, de poco más de 100 m de longitud repartidos en dos tramos, uno en túnel a presión excavado en la roca y otro en

Figura 10
Depósito de carga, tubería forzada y central, recién terminado el parque de barras ca. 1951. Fue el último salto en ser construido. (Ruiz-Bedia et al. 2011)

Figura 11
Construcción de los cajeros del canal, en mampostería hidráulica. Vagonetas de vuelco lateral, guiadas por carril, servían para el traslado de los materiales. (Ruiz-Bedia et al. 2011)




Perfil longitudinal de la conducción forzada de Herrerías. (*Proyecto Aprovechamientos*, 1944)

tubería. El túnel es de sección circular y está revestido de hormigón armado, y tiene una pendiente aproximada de 0,013%. La tubería, que describe un arco de 39 m. de luz, está formada por tubos de palastro de 10 mm. de espesor unidos mediante cubrejuntas roblonadas.

Para el emplazamiento de la central se eligió un estrecho cañón del río, sobre un terreno calizo y en una zona de sombra. Como en la margen izquierda no había espacio para ubicar la central, esta debió emplazarse en la margen derecha, obligando a que la tubería salvase el curso del río, lo que se resolvió mediante un sifón invertido. Además, fue necesario construir una carretera de acceso desde la actual CA-181; su trazado, tanto en planta como en alzado, pone de manifiesto las dificultades de acceso al espacio de la central. Al estar ubicada casi al nivel del río, en alguna ocasión de excepcional crecida se ha inundado el recinto; para su protección se construyó un muro perimetral reforzado con contrafuertes que aísla el recinto de la central del curso del agua.

Al llegar a la central la tubería se bifurca de manera que cada ramal alimenta a cada una de las turbinas. Los equipos consisten en dos turbinas FRANCIS de eje horizontal con rodete central y doble salida lateral del agua y dos alternadores trifásicos. Las turbinas desaguan mediante un canal de salida de unos 20m de longitud y vierten al río Nansa.

| | SI_Peña de Bejo | SII_Rozadío | SIII_Celis | SIV_Herrerías |
|---|---|---|---|---|
| Salto útil (m) | 328 e.ll./268 e. v. | 202,13/204,57 | 102 | 65 |
| Caudal máximo (l/s) | 6.000 | 7.500 | 8.570 | 15.000 |
| Equipo | 2 grupos PELTON | 1 grupo PELTON/1 grupo FRANCIS | 2 grupos FRANCIS | 2 grupos FRANCIS |
| Potencia (MW) | 20,8 | 12,6 | 6,3 | 9 |
| Cronología | 1947 | 1945 | 1952 | 1950 |

Tabla 1
Síntesis de los saltos hidráulicos del Nansa (Ruiz-Bedia et al. 2011)

Las cuatro centrales se albergan en edificios similares, de tres alturas y cubierta a dos aguas, construidas en fábrica de sillería y mampostería (tabla 1). La distribución del espacio interior se organiza en función de las dimensiones y disposición de la sala de máquinas. En todos los casos, las empresas que suministraron los equipos iniciales fueron Ateliers des Charmilles, S. A., Talleres de Miguel de Prado, S. A. y General Eléctrica Española. La primera, una empresa suiza de comienzos del siglo XX que alcanzó fama internacional en la construcción de turbinas hidráulicas (Waldvogel 1963). Los talleres de Miguel de Prado, fundados en Valladolid en 1875 al calor de la demanda ferroviaria, fabricaban diferentes tipos de máquinas, y adquirieron gran dinamismo en el mercado nacional al inicio de la década de 1940 (Alonso Villa, P. et al. 2017)

Figura 13
Construcción del depósito de carga, de planta rectangular y dispuesto a media ladera, por lo que tres de sus muros perimetrales están excavados en roca. En primer plano se observa el edificio de la central en construcción. (Ruiz-Bedia et al. 2011)

## Conclusiones

Las diferentes infraestructuras que integran los Saltos del Nansa constituyen una gran obra pública de marcado carácter territorial, imprescindible para conocer la evolución histórica de este pequeño valle fluvial de Cantabria.

En si misma, la construcción de los aprovechamientos es casi una epopeya de las dificultades que se planteaban en la España de la mitad del siglo XX cuando había que abordar la construcción de grandes obras de ingeniería civil. Asuntos como la genialidad del proyecto y acceso a las herramientas de cálculo y diseño, así como la dificultad para planificar y llevar a cabo su construcción (Proyecto 1942, Proyecto 1943, Proyecto 1944) ; la escasez de mano de obra permanente (solventada con la llegada de migrantes temporales y con el uso de trabajadores presidiarios), la penuria de materiales de construcción adecuados (cementos, aditivos, acero…) y dificultades, cuando no impedimento legal, para su importación impuestos durante el período autárquico de la economía española (Fernández 2005) que también afectaron al equipamiento hidráulico industrial (Tocino 1986); los conflictos entre usos del agua, porque las nuevas concesiones cancelaron las antiguas para aprovechamientos molineros y pequeñas fábricas de luz, así como las importantes alteraciones ambientales que originó el uso hidroeléctrico del caudal de la cuenca del Nansa (Carracedo y García 2011)

En este sentido la construcción de los Saltos del Nansa aporta claves para mejor comprender la evolución de la tecnología de la construcción, y para integrar esta pequeña porción del territorio de Cantabria en el panorama general de las obras hidráulicas de esas décadas y su papel en la modernización de España.

## Lista de referencias


Alonso Villa, Pablo, et al. 2017 "Formación y desarrollo de un distrito metalúrgico en Valladolid (c. 1842-1951)." *Investigaciones de historia económica-Economic history research*. 1-13.

*Anteproyecto con embalse regulador y dos saltos,* 1940.

Camprubí, Lino. 2017. *Los ingenieros de Franco. Ciencia, catolicismo y guerra fría en el estado franquista.* Barcelona: Crítica.

Carracedo Martín, V. y García Codrón, J.C. 2011. "Consecuencias biogeográficas de las infraestructuras hidroeléctricas del río Nansa (Cantabria)". *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. 57: 369-389.

Diez-Cascón Sagrado, Joaquín y Bueno Hernández, Francisco. 2001. *Ingeniería de presas: presas de fábrica*. Santander: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria.

Diez-Cascón Sagrado, Joaquín y Bueno Hernández, Francisco. 2002. Las presas de fábrica a lo largo del siglo XX. En *I Congreso de Historia de las Presas*, 333-354. Badajoz: Diputación de Badajoz – SEPREM.

Fernández Navarrete, F. 2005. "La política económica exterior del franquismo: del aislamiento a la apertura". *Historia Contemporánea*. 30: 49-78.

Herrera Peral, Almudena. 2013. *Matemáticas en contexto: el sifón de Rioseco*. Santander: Universidad de Cantabria.

*Perfil Longitudinal de Los Saltos del Río Nansa*, 1977.

*Proyecto Complementario de la Presa de embalse de La Cohilla y del contraembalse de La Lastra,* 1945.

*Proyecto de los Aprovechamientos Hidroeléctricos de Celis y Herrerías en el Río Nansa, 1944*

*Proyecto modificado del salto del Nansa,* 1942.

*Proyecto modificado de la ampliación del Salto del Nansa*, 1943

*Proyecto Reformado para la Ampliación del Salto Rozadío,* 1972.

*Proyecto Saltos de Peña de Bejo y Rozadío, 1942.*

Ruiz-Bedia, M. 2011. *Catálogo del patrimonio industrial y de las obras públicas del valle del Nansa*. Santander: Fundación Marcelino Botín

Ruiz-Bedia, M. 2022. "El protagonismo territorial de una obra pública hidráulica: los Saltos del Nansa." *Revista de Obras Públicas*. 3633: 90-97

Sáinz Borda, A. y Ruiz-Bedia, M. 2002. La presa de La Cohilla. Una bóveda especial. En I Congreso Nacional de Historia de las Presas, 381-395 Badajoz: Diputación de Badajoz – SEPREM

Tocino López, J. 1986. *Apuntes para una historia industrial de Cantabria*. Santander. Electra de Viesgo

Waldvogel, P. 1963. "Le groupe des ateliers des Charmilles, S.A." *Bulletin technique de la Suisse romanda*. 211-213 https://experience.acciona.com/es/sostenibilidad/obstaculo-menos-proeza-salmon/?_adin=02021864894. 2022

# Apuntes arquitectónicos sobre el palacio del Naranco, Asturias

Rogelio Ruiz Fernández

La Monarquía Asturiana (718-925) tuvo gran importancia entre los siglos VIII y X en el norte de la Península Ibérica, llegando a ocupar, desde la costa cantábrica, una franja hasta el Duero. Dominó desde Santiago –donde se inicia, bajo el reinado de Alfonso II, la veneración a los restos del Santo– Oporto, Braga, Zamora o Vitoria, desplegando obras arquitectónicas de gran interés, que reciben el nombre de Prerrománico Asturiano o simplemente, según la denominación de Jovellanos, Arte Asturiano (especialmente bajo los reinados de Alfonso II el Casto, Ramiro I y Alfonso III el Magno).

El Palacio del Naranco fue realizado en época de Ramiro I (842-850), quien también promovió la Iglesia de San Miguel de Lillo, muy próxima, que fue arruinada en el siglo XI por una riada. La función de aquella fue entonces trasladada al Palacio que pasó a llamarse Santa María del Naranco. Este cometido eclesial duró hasta el s. XX, al que el edificio llegó con los belvederes cegados –uno por la casa rectoral y el otro por la sacristía– con el mirador sur destruido, con espadaña, con teja árabe en vez de tégulas e ímbrices romanas y con otro tramo de escaleras detrás apoyado sobre el terreno que el tiempo había amontonado en el flanco norte. Todo esto lo vemos en los dibujos y fotos de viajeros, y por todo ello, la Comisión Provincial de Monumentos de Asturias y la Academia de la Quintana[1] pidieron insistentemente su restauración a lo largo del s. XIX. Menéndez-Pidal recibe el encargo, con la tutela y apoyo de Gómez-Moreno en 1929, y el proyecto se materializa entre 1930 y 1934 (García Cuetos 1999).

A continuación, iremos viendo una serie de "armas proyectuales" que recoge el edificio y que sirven, en su mayoría, para generar una sensación espacial mayor, y después, comentaremos asimismo distintos aspectos provenientes de la restauración realizada por Luis Menéndez-Pidal, para concluir con una serie de edificios relacionados.

## Composición, planteamientos perceptivos y perspectivos

### Aproximación y disposición del edificio

El palacio está prácticamente orientado este-oeste, como una iglesia, y al entrar al Aula Regia, al frente está el Monsacro (monte sagrado). Al llegar, viniendo desde Oviedo por el camino antiguo, el edificio nos ofrece la fachada más larga (veinte metros), y nos obliga a observarlo desde abajo, mostrándose más imponente. Vemos primero su mirador y belvederes a los que no podemos acceder, ya que después tendríamos que rodearlo, contemplarlo desde todos sus ángulos, y subir las escaleras por detrás, alargando así el deseo de entrar[2].

### Las arquerías que disminuyen hacia los lados

Otro de los efectos más celebrados de este edificio es el perspectivo de la arquería de la sala noble (figu-

Figura 1
Vista general del Palacio del Naranco desde el nordeste (foto del autor)

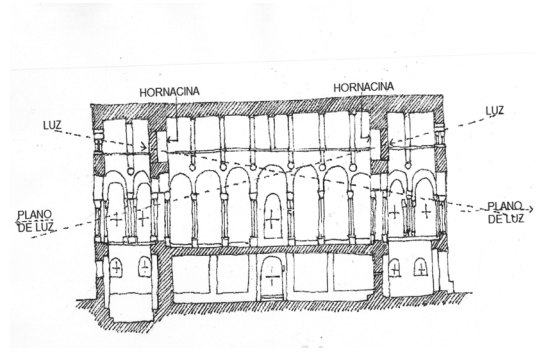



Figura 2
Sección del Palacio del Naranco (elaboración propia)

ras 2, 12A). Los arcos de la hoja interior del muro van disminuyendo y así se llega compositivamente a la altura de los de paso a los belvederes. Este decrecer hacia los miradores produce un efecto de profundidad perspectiva intencionada. Esto es de una delicadeza muy grande y consigue un efecto que evoca un mayor espacio del existent[3]. Sutileza que ya fue recogida por muchos de los estudiosos del edificio (Bonet 1967 p.136, Cid 1995 p.180). Lorenzo Arias, además, indica la relación proporcional decreciente desde 6 pies en el arco del centro hasta, sucesivamente, 5, 4 y 3 (Arias1993 p.142). Arias demuestra, asimismo, de grandísimo interés, la utilización persistente de los *Trazados Reguladores* vinculados al *Triángulo Pitagórico* (el más fácil de llevar a la obra con la cuerda de nudos) en todo el edificio (Arias 1990).

## La éntasis

La luz tiene una propiedad de erosión de la masa que se produce en la percepción. La éntasis es un refinamiento de la arquitectura griega que consiste, como saben, en ensanchar ligeramente las columnas en el centro para contrarrestar ese adelgazamiento.

En el frontal del Naranco vemos como las esquinas laterales no son verticales, sino que tienen una éntasis al nivel del belvedere (Figura 4). Esto genera además un efecto de altura, ya que, al producirse esta mayor anchura por debajo del centro, origina una fuga hacia arriba (Figura 3). Estando cerca de la fachada estrecha, se refuerza el efecto, ya que desaparecen de la visión los pórticos laterales (el existente y el perdido). Esto unido a la similitud compositiva entre los tres arcos del mirador y los tres que forman la ventana trífora, al ser más pequeños los de arriba, produce un efecto de distancia, apoyado también por la mayor altura del vano central que imprime a la fachada un mayor sentido ascensional (Figura 3)[4].

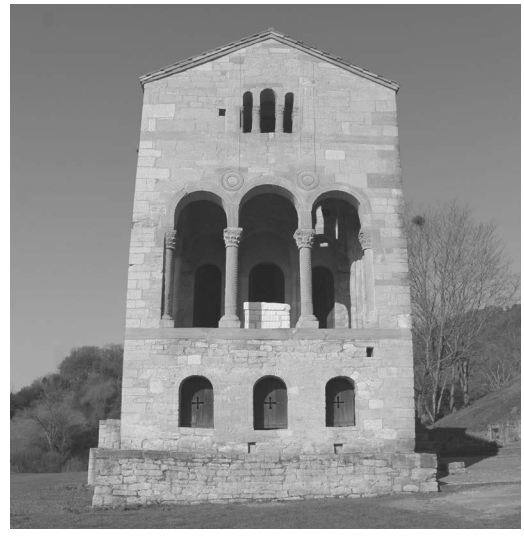


Figura 3
Mayor esbeltez al perder la visual de los volúmenes laterales (foto del autor)

Figura 4
Vertical dibujada para mostrar éntasis (foto del autor)

### Efecto óptico de duplicar crujías en los belvederes

En las dos ventanas a norte y otras dos a sur que tienen cada uno de los dos belvederes, la hoja del muro se divide en dos para darnos: en la exterior un arco menor que remata un hueco vertical y en la interior un arco mayor, visible desde el interior, y que concuerda compositivamente con los arcos laterales menores del frente del mirador. Parece una composición extraña, pero a continuación explicamos su razón de ser.

Debemos de imaginarnos el edificio encalado por dentro y dejando vistos los elementos más trabajados en piedra como son los clípeos, sogueados, molduras de arcos, impostas y arcos formeros. Mirando el palacio desde afuera, por los arcos que dan a norte y los que dan a sur en los belvederes, la parte de sillería tendría la lectura visual de una crujía más que la que realmente tiene (Figura 5B). De esta manera, una vez más, el autor del proyecto busca sacar mayor rendimiento espacial a un edificio pequeño, y también de nuevo, lo que hace es "engañar" a nuestros sentidos con un dominio absoluto de la perspectiva y la percepción. No he encontrado ningún autor que haya reseñado esta sutileza del edificio.

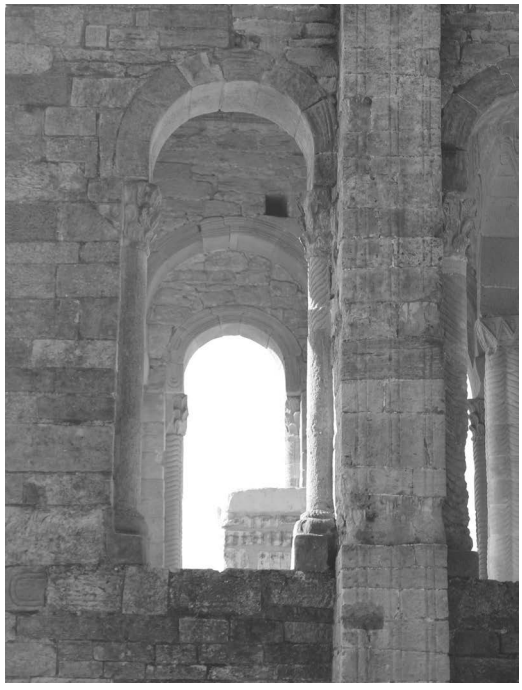
### El efecto lumínico en los belvederes

Uno de los problemas en el control de la luz es el contraste que se produce entre la pared más obscura, la que aloja la ventana, y la luminosidad de la ventana misma. El ojo es como un diafragma que se cierra cuando recibe mucha luz y se abre cuando no, y sufre en los contrastes. Mirando desde el interior de la nave del palacio (que sería más obscuro que ahora sin las ventanas introducidas y con un mirador a sur que también rebajaría la entrada lumínica) hacia los arcos de los belvederes (que como sabemos también deberían de ser mucho mayores sin los tímpanos), veríamos una entrada de luz muy fuerte sobre un muro obscuro. Pero, una vez más, nos asombra el autor, al crear esa cámara, que es el belvedere, donde entra la luz por arriba, desde la ventana trífora (Figura 2) y por los lados, generándose un tránsito lumínico entre la mayor obscuridad interior, la zona del belvedere más iluminada y finalmente el exterior que es el máximo de luz. De este modo tan delicado, con la suave transición, se evitan molestos deslumbramientos puntuales[5].

## Temas derivados de la restauración de Luis Menéndez-Pidal

### Las ventanas introducidas en el aula regia

Las cuatro ventanas que flanquean el eje central norte-sur no son originales (Figura 6A). No están dibujadas en *Monumentos Arquitectónicos de España* (1852-1881) (Figura 12A); Parcerisa, que era muy riguroso, tampoco las recogen Quadrado y Parcerisa (1855); ni Lampérez y Romea; Luis Menéndez-Pidal, aunque él mismo las había hecho, en el plano de 1949 no representa la del sureste; José Menéndez-Pidal en 1964 las dibuja, ya estaba restaurada como decimos, con las cuatro ventanas que considero falsas y anota: "Según M. Gómez-Moreno". Las dovelas con las claves en "tau" habrían sido incluidas en la restauración. La forma lisa de las jambas contrasta con lo ricas que son las demás en toda la planta regia,



Figuras 5A y 5B
Desde afuera la alternancia encalados/sillería nos induciría a ver una arcada más (foto del autor)

donde aparecen sogueadas. Además, su antepecho, con mampostería, ciego, no se diseña como en el resto de las ventanas del edificio en la planta noble, desde el suelo, con celosía de piedra calada encastrada en los rebajes de las columnillas sogueadas. Estudiando fotos anteriores a su restauración, no aparece rastro de estas ventanas, cuando, como Iglesia de Santa María del Naranco, tenía espadaña y la rectoral adosada. Vemos en imágenes antiguas como están cegados los primeros vanos del belvedere y mantienen la sillería de los arcos visible desde afuera. Sin embargo, donde se hicieron posteriormente las nuevas ventanas que comentamos, no aparece dovelaje alguno, no hay rastro de su existencia anterior. Menéndez-Pidal abrió estos huecos, quizá por la sugerencia de su mentor Gómez-Moreno. Esta falsedad histórica, invención durante la restauración, ya fue recogida en la tesis doctoral de quien esto escribe (Ruiz 2003)[6]. En la Figura 6B he recreado informáticamente su aspecto sin la fenestración introducida en la restauración.

**La no reconstrucción del volumen de acceso al sur**

En el muro descarnado a sur sobre el eje (Figura 7), vemos que la piedra que queda vista es toba, que es la que se utiliza en todas las bóvedas por su baja densidad. Por tanto, se produciría la misma formalización que en el pórtico norte donde, a pesar de lo pequeño de la bóveda, se realiza con esta piedra (se ve a simple vista en los desconchones) y con pequeños arcos formeros. El mismo ritmo que tiene a norte lo vemos en la imposta interrumpida en los pequeños tramos que recogerían los reducidos arcos formeros a sur (Figura 7). Una vez más *Monumentos Arquitectónicos de España* (1852-1881) había observado esta situación duplicando simétricamente el pórtico de entrada (eso sí, con cubierta plana). También otros autores advierten estos enjarjes de ambas bóvedas, la alta y la baja (Bonet Correa 1967, p.134; G. de Castro 2008 p. 36). Nebot en *Summa Artis* recrea una perspectiva

Figuras 6A y 6B
El Palacio del Naranco con y sin las ventanas introducidas por Menéndez- Pidal (recreación del autor sobre foto M. Morilla)

con el gazebo dibujado. (*Summa Artis,* 1935, 4º Edición 1961) (Figura 6).

Sorprende que Menéndez-Pidal, con una situación de simetría tan evidente, no haya rehecho este mirador como rehízo otros camarines que ya no estaban en otras iglesias prerrománicas, o como, con datos muy dudosos, diseñó Bendones (con Joaquín Manzanares), o la torre de San Pedro de Nora, que el posterior estudio arqueológico desmintió (Adán, Faedo y Díaz 1997). Sin embargo, aquí, al principio de su carrera, prefiere dejar esta parte en ruinas[7].

Compositivamente, la colocación del otro mirador compensa en la visión lejana la esbeltez de la fachada, ganando en anchura el edificio, dándonos otra lección de percepción, ya que, con muy poco construido –el pórtico de entrada y el mirador– consigue, desde lejos, aumentar la anchura del edificio, como hemos recreado informáticamente en la Figura 8.

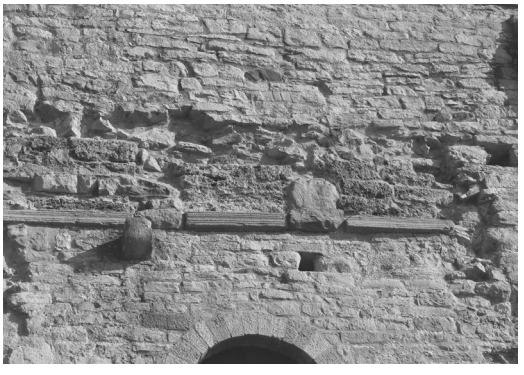


Figura 7
Paño sur, donde debería de estar el mirador (foto del autor)

**El encalado interior**

Sobre el acabado continuo del palacio del Naranco no hay duda, además de las fotos antes de la restauración que conservamos. El edificio está hecho para que solo las piezas con labra aparezcan vistas en piedra, mientras que los paños de mampostería se verían con acabados continuos, tanto al interior como al exterior (ya comentado antes). No parecería lógico que, con la policromía que se ve en Santullano (Iglesia prerrománica[1], promovida por su antecesor Alfonso II el Casto[8], en Oviedo), el palacio ramirense no estuviera, como San Miguel de Lillo también, fuertemente policromado. De hecho, se han localizado, es-

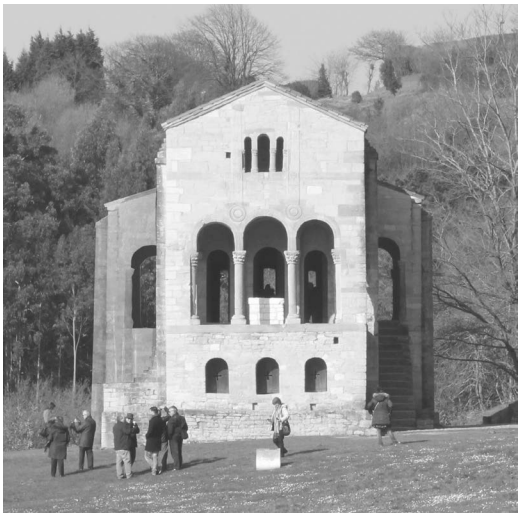


Figura 8
Recreación virtual de Santa María del Naranco con el mirador al sur (foto del autor)

casos pero existentes aún, restos de guarnecidos exteriores y estucados interiores coloreados (Puras 2010). Aunque, quizá los motivos pictóricos cuando palacio, no convenían al convertirse en Iglesia. Tras la restauración ha desaparecido la posibilidad de estudiar esos acabados.

**Las hornacinas situadas sobre los arcos de acceso a los belvederes**

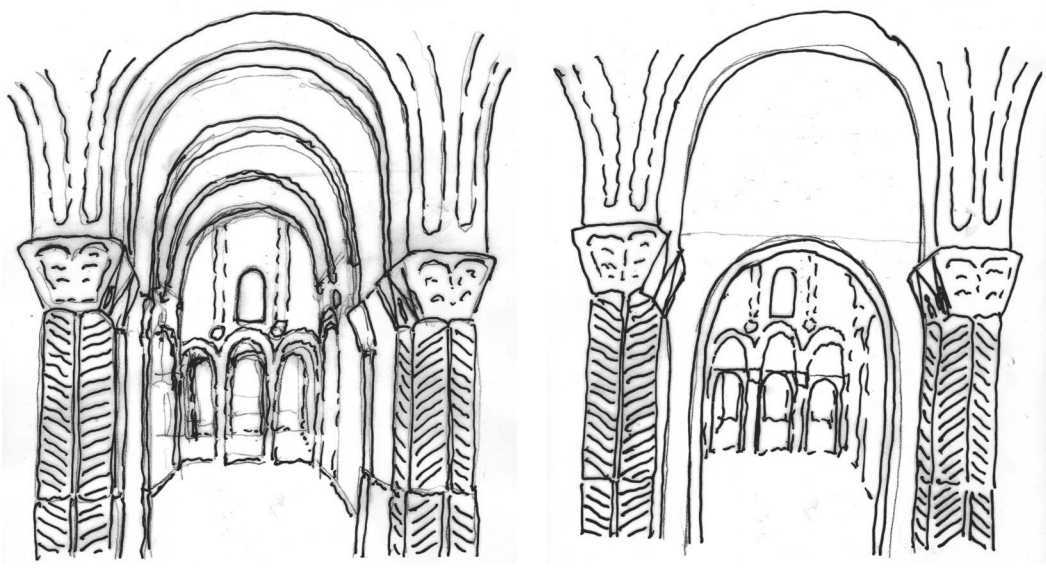
Insistir sobre otro tema que ya he publicado con anterioridad (Ruiz 2000, 2003). Cuando la iglesia estaba encalada interiormente, las profundas hornacinas que están sobre los arcos de acceso a los belvederes (Figura 9A) estaban tapiadas. Compositivamente están fuera de la imposta o canaladura continua, que sigue el resto del edificio (Figura 2). *Monumentos Arquitectónicos de España* (1852-1881) no las representa, ya que no eran visibles en aquel momento. La razón, que ya expuse entonces, podría ser que, cuando palacio, contuviesen figuras representando al monarca y que, al utilizarse como iglesia, habrían sido tapadas por haber sido maculadas por poder terrenal[9].

**Los tímpanos introducidos en el belvedere y su posible eliminación y recuperación de la transparencia**

Esta voluntad de liberar el cierre macizo de los arcos que dan paso a los belvederes (Figura 9B), que fue incluido en la restauración de Menéndez-Pidal, ha sido ya mostrada por otros arquitectos (J. Hevia, C. Cuenca, F. Nanclares). Aquí pretendo explicar que, espacialmente, en la situación inicial (Figura 9A), en el paso entre belvederes y nave, la gran anchura del muro y su remate curvo, al tener igual geometría que la bóveda, hacen que, del arco de medio punto pasemos, en continuidad espacial, a la bóveda de medio cañón. Además, con la liberación del tímpano, desde las visuales este y oeste, alejándonos, la sensación de transparencia sería, como tuvo que ser, impresionante. Como dibujó, como imaginó, Parcerisa (Quadrado, Parcerisa 1855).

**Sobre obras precedentes y posteriores ¿Imperio Carolingio o Bizancio?**

Existen dos corrientes historiográficas a la hora de buscar orígenes a la Arquitectura Asturiana. Por un



Figuras 9A y 9B
Dibujos recreando la relación nave-belvedere, con y sin tímpanos que cierran transparencia (elaboración propia)

Figura 10
Templo de Diana, Nimes (foto del autor)

lado, están quienes tienen al prerrománico como una derivación del Arte Carolingio, ya que Alfonso II estableció lazos con el entorno de Carlomagno, y por otro lado aquellos que ven, desde lo formal, una relación más próxima con el arte bizantino u oriental.

Buscando entre lo más cercano, en primer lugar, se debe citar la semejanza directa con la sección de la Cámara Santa y la Capilla de Santa Leocadia, en la Catedral de Oviedo, obra de la época del rey precedente en la Monarquía Asturiana, Alfonso II[8], cuyo parecido es evidente y ya anotada en muchos textos (Schlunk, Arias, Cid...). También clara la relación formal con Santa Cristina de Lena (especialmente tras construir allí la bóveda en su restauración reforzando aún más la relación con los arcos formeros, clípeos...).

En cuanto a la filiación con Carlomagno, existen concordancias con la Capilla Palatina de Aquisgrán (796-805) que tiene, en cada alzado del octógono central, frentes que se asemejan mucho compositivamente a la sección transversal del Naranco (con las tres arcadas, más grande la del centro, y las tres bandas en la parte curva superior, con los clípeos)[10]. Ahora bien, el edificio de Carlomagno bebe claramente de San Vital de Rávena (547), y este, probablemente, de la Iglesia de los Santos Sergio y Baco de Bizancio (527-536), con lo que cerramos el círculo.

Si buscamos una filiación romana, ya que Asturias estuvo muy romanizada, el Templo de Diana en Nimes (s. II d.C.) (Figura 10), tiene una relación formal grande con el protagonista de estas líneas, incluso en la utilización de arcos fajones, si bien el lenguaje romano nos hace más difícil la apreciación directa. Esto ya lo recogió Cid Priego (Cid 1995).

En cuanto al origen Bizantino, la seriación de arquerías peraltadas es una clara vinculación con Constantinopla, ya que las encontramos en Santa Irene y en Santa Sofía. Sin embargo, nos llama más la atención un edificio posterior al Naranco: la *Fondaco dei Turchi* en Venecia (s. XIII), que en fotos antiguas (Figura 11), recuerda fuertemente a nuestro palacio, hasta con clípeos. Lamentablemente, tras la intensa restauración de Berchet (González-Varas 2006), este paralelismo es menor. Otros edificios en Venecia de esta época, *Ca´Loredan* y *Ca´ Farsetti* (s. XIII), mellizos, vecinos del Puente de Rialto, muestran una fenestración muy similar a la comentada (Figura 12), probablemente copiando la *Fondaco dei Turchi* y sin duda también muy restaurados.[11]

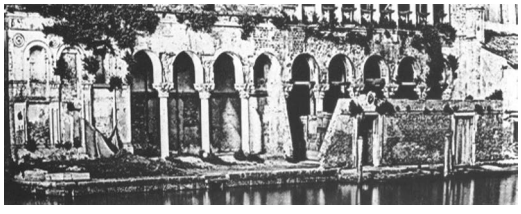


Figura 11
*Fondaco dei Turchi*,Venecia (s. XIII) antes de la restauración (detalle de foto de 1850 recogida en Zevi 1951 y González-Varas 2006)

Figura 12
*Ca´ Farsetti*, Venecia (s. XIII) (foto del autor)

## Conclusión

Hemos comprobado que el autor del edificio del Naranco tenía un dominio excepcional de las correcciones perspectivas (que podían generar un efecto espacial mayor en el edificio), de la luz (de su administración cuidadosa y amable) y de las relaciones compositivas (que generan un edificio absolutamente cerrado en su diseño). Podemos decir que el *Uno intiero e ben finito corpo* palladiano, aparece aquí ya ejemplificado (setecientos años antes de su tratado).

Desde el restauro, observamos que, en esta obra primeriza de Menéndez-Pidal, se conservan resabios románticos (por el estado en que deja el mirador sur derruido) pero a la vez incorpora actitudes estilísticas, como es la búsqueda de un estado inicial completo. En cuanto al cegado de parte de los arcos que dan a los belvederes, quizá se debió más a una cautela estática en vez de estética en este momento inicial de su carrera. Lo que no cabe duda es que, gracias a su intervención, podemos disfrutar hoy de una joya, que había llegado al siglo XX totalmente desfigurada.

## Notas

1. Institución asturianista con miembros como Fermín Canella, Ciriaco Vigil o el mismo Fortunato de Selgas. Este último descubre la filiación prerrománica de Santullano y sus pinturas, y restaura la iglesia a sus expensas. (Selgas 1916)
2. Estrategia proyectual utilizada por ejemplo por Luis Moya en la Universidad Laboral de Gijón, colocando la puerta monumental al extremo contrario de la ciudad y haciéndonos así recorrer su grandeza, o Le Corbusier en Ronchamp.
3. Efecto que conocemos, mucho más depurado, conseguido por Palladio y Scamozzi en el Teatro Olímpico de Vicenza.
4. Téngase en cuenta, no obstante, que las cancelas caladas que irían en las acanaladuras de los pilarcillos de los belvederes, restarían verticalidad.
5. Este sistema lo utiliza Louis Kahn en varias ocasiones, generando un espacio entre la fachada interior y una falsa fachada exterior, como por ejemplo en el proyecto del Consulado de Luanda.
6. Curiosamente fue comentado por Rafael Moneo, confirmando este punto de vista, el día 24 octubre de 2012, cuando nos impartió clase magistral en el mismo edificio con motivo de su Premio Príncipe de Asturias.
7. Martínez Monedero nos dice que: «Mucho menos, Menéndez-Pidal podría ser clasificado como un heredero de la corriente "romántica", a pesar de que la cualidad estética de la degradación en los monumentos y el sentimiento emocional de la ruina arqueológica fueron aspectos que estuvieron presentes.» (M. Monedero 2008 p.14).
8. En puridad el monarca inmediatamente anterior fue Nepociano, a quien Ramiro I arrancó los ojos y encerró en una celda de por vida, por tomar el sillón real, en su ausencia, a la muerte de Alfonso II.
9. La escultura representando a Carlomagno ecuestre del Louvre, induce a pensar que también las habría en el Reino de Asturias, aunque no se conserven.
10. También hemos encontrado relaciones compositivas directas entre San Germigny-des-Prés, Carolingia en Francia, bajo el poder de Teodulfo, y San Miguel de Liño, en la dimensión y composición de su sección (Ruiz 2021).
11. Si bien, en estos ejemplos posteriores tratados, no se produce la disminución perspectiva lateral que vimos en el Aula Regia del Naranco, aunque sí, en *Ca´Loredan* y *Ca´ Farsetti,* una mayor anchura en el hueco central.

## Lista de referencias


Adán, G., M. Faedo, L. y Díaz, F. 1997." San Pedro de Nora. Evolución constructiva y restauraciones." En VV. AA. Hevia, J. compilador, La intervención en la arquitectura prerrománica asturiana. Universidad de Oviedo.

Arias, Lorenzo. 1990. *Palacio de Santa María de Naranco, Estudio planimétrico y de proporciones*. Candás. ed. Museo Antón,

Arias, Lorenzo. [1993] 1999. Prerrománico asturiano. El arte de la Monarquía Asturiana. Gijón. ed. Trea.

Barrau-Dihigo, Louis. 1989. *Historia política del reino asturiano (718-910)*. Gijón. ed. Silverio Cañada.

Bonet Correa, Antonio. 1967. *Arte Prerrománico Asturiano*. Barcelona. Ed. Polígrafa.

Cid Priego, Carlos.1995. *Arte prerrománico de la Monarquía Asturiana*. Oviedo. ed. GEA.

Cuenca Busto, Cosme. 1997. "El Palacio del Naranco. Intervenciones". En VV. AA. Hevia, J. comp. *La intervención en la arquitectura prerrománica asturiana.* pp. 215 a 239. Oviedo. ed. Universidad de Oviedo.

García de Castro, César. 1993. *Arqueología Cristiana de la alta Edad Media en Asturias*. Oviedo. ed. Real Instituto de Estudios Asturianos.

García de Castro, César. 2008. *Arte Prerrománico en Asturias*. Pola de Siero, Asturias. ed. Ménsula.

García Cuetos, M. Pilar. 1999. *El prerrománico asturiano. Historia de la arquitectura y restauración (1844-1976).* Oviedo. ed. Sueve.

González-Varas, Ignacio. 2006. *Conservación de bienes culturales; Teoría, principios y normas.* Madrid. ed. Cátedra,

Martínez Monedero, Miguel. 2008. *Las restauraciones arquitectónicas de Luis Menéndez-Pidal, la confianza de un método.* Valladolid. ed. Universidad de Valladolid.

Puras Higueras, Jesús M. 2014. "Estudio de los Revestimientos murales de Santa María del Naranco" en *Intervenciones en el Patrimonio Cultural Asturiano 2007-2014.* pp. 226-231. Oviedo. ed. Gobierno del Principado de Asturias.

Quadrado, J. M.; Parcerisa, F. J. 1855. *Recuerdos y bellezas de España*. Madrid. Imprenta de Repullés.

Ruiz Fernández, Rogelio. 2003. *Las Cajas Atravesadas por la luz/las casas atravesadas por la luz.* Tesis doctoral, Universidad de Valladolid.

Ruiz Fernández, Rogelio. 2017. *La arquitectura atravesada por la luz.* Valladolid. ed. Universidad de Valladolid.

Ruiz Fernández, Rogelio. 2006. "Santiago de Peñalba, sobre la so pertenencia al Prerromanicu Asturianu", en Asturies, nº 26 pp. 46-55. Oviedo. ed. Belenos,

Ruiz, Rogelio; G. Astorga, Macario. 2015 "Apuntes so la ilesia de San Pedru Ferreros y los sos orixenes. La Ribera, Asturies" en Asturies, nº 35 p. 38-43. Oviedo. ed. Belenos,

Ruiz Fernández, Rogelio. 2019. "Apuntes Arquitectónicos sobre´l palaciu de Santa María del Naranco", Asturies, nº 39 pp. 16-25. Oviedo. ed. Belenos,

Ruiz Fernández, Rogelio. 2021. "Apuntes Arquitectónicos sobre San Miguel de Lliño", Asturies, nº 41 pp. 22-35. Oviedo. ed. Belenos,

Selgas, Fortunato de. [1916]1990. *La Basílica de San Julián de los Prados (Santullano) en Oviedo.* Oviedo. ed. Alvizoras.

Zevi, Bruno. [1951] 1991. *Saper vedere l´Architettura*, *Saber ver la Arquitectura*. Barcelona. ed. Poseidón.

VV. AA. (1852-1881). *Monumentos Arquitectónicos de España.* Madrid. ed. Real Academia de San Fernando.

VV. AA. [1935] 4º ed.1961. *Summa Artis, Historia General del Arte*. Madrid. ed. Espasa-Calpe.

# Azudes y qanats, acueductos y tajamares. La arquitectura industrial hidráulica en Andalucía y Nueva Andalucía. (Córdoba, Argentina)

Gustavo Adolfo Saborido Forster
Eduardo Mosquera Adell
María Mercedes Ponce Ortiz de Insagurbe

El agua es un elemento clave para los asentamientos humanos. Las construcciones hidráulicas andaluzas tienen impronta romana, árabe y castellana. Las de Nueva Andalucía, hoy subsistentes en América, muestran fábrica jesuita y huella indígena.

Buscamos precisar orígenes y parentescos en obras hidráulicas de regiones interoceánicas. con proyecciones cronológicas y relaciones de asentamientos. Intentamos confirmar aportaciones tecnológico-constructivas, envergadura y valores patrimoniales.

Partimos de análisis historiográficos comparativos. Investigamos contextos culturales y características antrópicas de obras singulares en cada región. Utilizamos planimetría histórica y actualizada, con herramientas SIG de análisis territorial.

En Córdoba, Argentina, la estancia de San Ignacio se privatiza en 1767; deviene en ruina, quedando el «Calicanto», su acueducto, y un molino. Alta Gracia preserva paredones –diques– y tajamar. En Santa Catalina su tajamar está intacto; molinos, otro tajamar y varios acueductos son restos arqueológicos. En 1912 demuelen los sevillanos «Caños de Carmona». Pero existen acueductos, qanats, azudes y molinos en zonas serranas y riberas fluviales andaluzas. Construcciones hidráulicas en Andalucía y Nueva Andalucía testimonian su singularidad y vigencia patrimonial.

Hay parentesco tipológico y constructivo en obras hidráulicas de ambos territorios - europeo y americano; con continuidad productiva, territorial, arquitectónica; en lo conceptual y lo propositivo. Materiales y composición desvelan asociaciones socio culturales y tecnológicas. Desafíos específicos evidencian adaptaciones y diferencias cuantitativas.

Andalucía recibe tecnología romana, concretando construcciones importantes. El influjo árabe redefine la cultura hidráulica de la España hispanorromana y visigoda. La producción harinera y el regadío granadino son ejemplos singulares. Los padres jesuitas llevan la tecnología a América. Alcanza gran desarrollo en Nueva España y en Nueva Andalucía toma la herencia indígena. Verificamos un desarrollo constructivo hidráulico cuasi lineal, con mestizaje tecnológico. Superada la tecnología original, el proceso milenario es hoy patrimonio industrial destacado.

El agua ha sido clave para los asentamientos humanos. No es casual que pueblos y ciudades fueran establecidos en el mar, o junto a cursos de agua dulce, o combinando ambas opciones, o en sitios con fuentes de agua accesibles.

Lastanossa (c.1565), ingeniero renacentista y «maquinario» de Felipe II, tratadista de obras hidráulicas, restaurador de acueductos napolitanos y partícipe en numerosos trabajos, señala que «El agua es uno de los cuatro elementos que Dios ha creado para beneficio de los hombres y sin ésta no se puede sustentar; ninguna cosa animada puede vivir sin ella, ni aún las cosas creadas que viven. … siendo el agua un elemento tan noble y tan necesario, por qué no usaremos todas nuestras fuerzas para traerla a los lugares

donde habitamos, para suplir nuestras necesidades y para acomodarnos y aún para regalarnos con ella.»

Sería largo enumerar, y excedería este trabajo, las civilizaciones determinantes en el desarrollo hidráulico. Centramos la investigación en el ámbito hispano, particularmente en Andalucía y la contraparte indiana, Nueva Andalucía; regiones emparentadas luego de la Conquista de los siglos XV y XVI, que a su vez reciben tradiciones de desarrollo hidráulico de pueblos antes asentados allí, o de los que los conquistaron.

Con su visión renacentista Lastanossa aportó avances tecnológicos; pero como muchos, trabajó también con construcciones preexistentes como el acueducto romano para las aguas del Serino.

En un viaje retrospectivo, la arquitectura hidráulica andaluza lleva cronológicamente a Persia con sus *qanats,* sistemas de transporte y almacenamiento de agua; una tradición trasladada a la península ibérica por Roma y el Islam.

Segovia, en Castilla, ostenta el famoso acueducto romano construido hacia el 112-116 d.C. La impronta romana se refleja en las Yndias con características a veces más simples. El acueducto de Zacatecas [hoy México] conocido como «El Cubo», se construye hacia fines del siglo XVIII, siendo considerado como la obra más importante de Nueva España.

Las Yndias reciben aportaciones tecnológicas españolas a partir de los siglos XV / XVI, pero las culturas precolombinas gestionaban el uso del agua y cierta tecnología antes de la llegada de Cristóbal Colón. Varios pueblos en la región neoandaluza mostraban tratamientos diversos como aterrazamientos, acequias y canales de riego y subsiguientes grupos étnicos continuaron desarrollando las técnicas y ampliando áreas de influencia.

## Objetivos y Metodología

Procuramos determinar concordancias históricas y orígenes de obras hidráulicas en los territorios referidos. Asimismo, proyecciones cronológicas y relaciones de asentamientos, cuantificando envergaduras respecto al entorno y cultura. Buscamos reafirmar aportaciones tecnológico-constructivas y valores patrimoniales a ambos lados del océano Atlántico, pese al tiempo transcurrido y la dicotomía socio política post secesión [siglo XIX]. Proponemos resaltar aportaciones y desarrollos jesuíticos.

Partimos de análisis historiográficos comparativos, investigando contextos culturales y características antrópicas de obras singulares en cada región. Utilizamos planimetría histórica y actualizada, documentación y registros fotográficos, y herramientas SIG de análisis territorial.

## Tecnología hidráulica. Contextos

Azudes, qanats, acueductos y tajamares son elementos de arquitectura hidráulica, que responden al entorno y a los pueblos que los emplearon, brindando soluciones para la provisión y gestión del agua. Si bien son icónicos de la temática, no conforman un listado exhaustivo y excluyente. Hay numerosas tecnologías hidráulicas, como las acequias, las minas de agua, los molinos de distintos tipos y los batanes, empleadas en Andalucía o Nueva Andalucía, territorios a los que nos referimos.

Íberos y celtas primero [c. 3000 a.C.] y Tartessos [c. 1200 a.C.] ocuparon el sur de la actual España; éstos situados junto a la cuenca del río Guadalquivir. La región fue centro de comercio griego y fenicio, con ciudades como Gadir [Cádiz], Malaka [Málaga] y Cartago Nova [Cartagena], siendo territorio disputado en las Guerras Púnicas, de donde surge la Hispania romana. Formaba parte de ella la Bætica, actual Andalucía, e Hispalis [Sevilla], básicamente marítima, deviene en centro socio cultural y económico. La región, ya explotada por Cartago, es fuente de recursos naturales para Roma. Agricultura y minería constituyen importantes elementos productivos; y el agua abundante de la región y su gestión, resultan clave para la civilización y asentamientos romanos.

La Toma de Granada finaliza la Reconquista en 1492. Con el descubrimiento y conquista de las Yndias [América] son acontecimientos históricos sin solución de continuidad. Saliendo del llamado Medioevo y entrando en la Edad Moderna, Castilla establece la civilización europea en el Nuevo Mundo, que involucra transferencias tecnológicas 300 años adelantadas respecto al neolítico de pueblos americanos avanzados.

La transferencia, como veremos, no cancela las tecnologías precolombinas. Las asimila e incorpora pragmáticamente, al estilo romano, concretando un mestizaje tecnológico que replicó el sociocultural, política de la Corona.

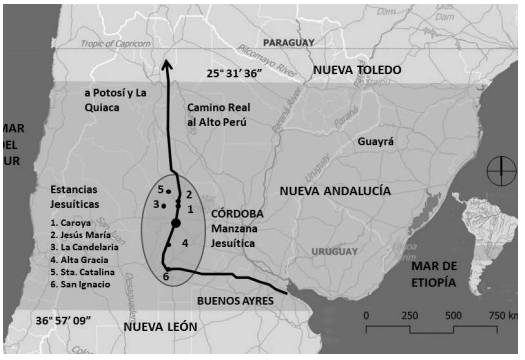



Figura 1
Nueva Andalucía, Sudamérica (trabajo propio)

Las Cédulas de Carlos I en 1534-1539 otorgan 5 capitulaciones y establecen gobernaciones en los territorios indianos, desde la Tierra Firme hasta el cono sur. Una fue Nueva Andalucía[1] (Figura 1).

El centro geográfico de esta gobernación era Córdoba [Arg.], parte del Imperio Inca. El «Camino del Inca» o «Qhaphaq Ñan»[2] articulaba la vida imperial desde San Francisco de Quito [hoy Ecuador] hasta Mendoza [hoy Argentina]. Las ramificaciones al interior continental tocaban la región de los Sanavirones y Comechingones.[3] Los conquistadores identificaron la región como enlace hacia el Río de la Plata y la articularon en base al Camino Real [Buenos Aires – Potosí y La Quiaca], constituyendo el centro geopolítico del sur hispanoamericano.

## Tecnologías autóctonas – ibéricas [c.3000 – 535 a. C.]

Numerosas técnicas de gestión hidráulica caracterizan a los pueblos ibéricos – desde Íberos a Turdetanos. Egea Vivancos describe su desarrollo y la selección de los asentamientos respecto a los recursos una vez sedentarios. Ello considerando el agua en el poblado o sus proximidades. Analiza radios de acción y captación de recursos. El agua, puntualiza, era un recurso que debía estar próximo, y bajo control.

En el siglo V a.C. los «indígenas de la Península Ibérica habrían ido adquiriendo todo aquello que les interesaba de cada uno de los sistemas de abastecimiento de agua que portaban los extranjeros. Sin embargo, …, antes de la llegada de los romanos, en las costas del Sureste ya se poseían modos propios de captar y controlar el agua.» (Egea Vivancos 2010)

Pese a la proximidad, el acarreo era esencial, ya por medios humanos, ya mediante animales. El poblado estaba en altura y la fuente de agua en los bajos.

Pero los pueblos autóctonos también apelaron a recolectar las aguas de lluvia de las techumbres y a almacenarlas en cisternas situadas estratégicamente en una red de captación que luego perfeccionan los romanos en sus sistemas *impluvia-compluvia*. Luego se refiere a cisternas comunes, excavadas en la piedra de la cima de los montes; de formas ovoides irregulares a cielo abierto.

## Tecnologías autóctonas – chimú, inca, sanavirón, diaguita [900 – c.1570 d. C.]

La gestión hidráulica neoandaluza incorpora tecnologías europeas con la conquista y evangelización. Pero no descartamos tecnologías o procesos vernáculos de Incas, y de la cultura Chimú del Bajo Perú, con experiencia hidráulica.

Qutes y Bruch indican que el noroeste de la hoy Argentina estaba habitado por tribus sedentarias denominadas genéricamente Diaguitas. Entre ellas los Sanavirones, vinculados al Imperio Inca y al desarrollo neoandaluz.[4] Para el tratamiento del agua puntualizan que: «… los Diaguitas no titubeaban, cuando faltaba … en hacer construcciones especiales, canales, embalses, etc., para conducirla hasta los campos de sembradío. Con frecuencia se encuentran en las laderas de las montañas restos de *andenes,*[5] especie de terrazas destinadas a cultivar el maíz.» (Qutes y Bruch 1910, 56-57)

Canals Frau S. (1953, 460-471)[6] añade que los Sanavirones residían en los ancones de los ríos y corrientes de agua, lo cual se verifica por los peñones que se levantan en las corrientes, y que presentan aún hoy morteritos.[7] Eran agrícolas ganaderos, con variados cultivos que sin duda requerirían irrigación artificial. El mismo autor alude al topónimo sanavirón *mampa*, que significa acequia y que nos habla de la canalización del agua, también tratando sobre los Cacanos.[8] Los canales y acequias, indica, fueron utilizados por poblaciones mestizas y están en parte vigentes hoy. Otros pueblos construyeron también canales

y montículos en zonas anegadizas para hacerlas habitables.

### Nuevas capas culturales. Península ibérica

Fenicios, griegos y cartagineses se asentaron en la península ibérica. Eran pueblos mediterráneo orientales, que establecieron centros de comercio y explotación económica. Cartago surgió de la migración fenicia hacia occidente y conservó esas raíces. Los recursos naturales abundantes y la minería fueron atractivos para estas corrientes colonizadoras que se establecen generalmente sobre la costa. Gadir [c.1104 a.C.] - Gades romana, hoy Cádiz – se convierte en un centro fenicio de singular importancia.

El patrón de arquitectura hidráulica de estos pueblos mantiene lo preexistente. Grecia construye cisternas, generalmente rectangulares con ábsides. Fenicios y cartagineses apelan a acequias para el transporte del agua y a cisternas para su almacenamiento. Cartago usa también el recurso del pozo en sus asentamientos. La impronta, sin embargo, no es tan trascendente como la de la corriente civilizadora romana que les siguió.

### Hidráulica romana y acueductos

«Los romanos ya habían efectuado, y seguirían haciéndolo, un proceso de asimilación de las diferentes técnicas hidráulicas que iban descubriendo en sus … campañas de expansión.» (Egea Vivancos 2010).

Desde 218 a.C. durante la II Guerra Púnica, Roma conquista el territorio ibérico. Asimilando los modos de gestión cartagineses, fenicios y griegos, es Roma la que estructura el desarrollo de la arquitectura hidráulica que aún conocemos. Arquitectura que combinaba practicidad funcional respondiendo a necesidades concretas, pero majestuosa como testimonio socio político al presente y para la posteridad. En Andalucía construye 31 acueductos entre los siglos I a.C. y III d.C. (Sánchez López 2008), incluyendo el que proveía de agua a Sevilla desde Alcalá de Guadaíra, a 15 km de Sevilla.

Como era costumbre y reafirmaba Lastanossa - según Tapia N. G. (1987) un admirador de la hidráulica romana en Nápoles - una cantidad fue costeada por particulares, quienes así perpetuaban el nombre familiar, no por el *Municipium*. Citando los casos de *Italica* y *Aqua Nova Domitiana Augusta* en *Corduba,* [9] Sánchez López (2008) indica que «En … ocasiones, el apoyo económico provendría de la familia imperial». Luego detalla los pozos de registro y un depósito en el acueducto de la Huelva Romana, con la red de distribución urbana de «tuberías de plomo insertas en … canalización de ladrillos.».

Figura 2
Caños de Carmona (fotografía principal, trabajo propio; fotografía galería: Sociedad GEOS)

Con el de Itálica, destacan los acueductos de: Gades [Cádiz], Baelo Claudia. Malaca [Málaga], Astigi [Écija], Corduba [Córdoba] y Arunda [Ronda]. Sevilla posee los «Caños de Carmona», acueducto construido en c. 65 a.C. desde Alcalá de Guadaíra. Con 430 arcos de ladrillo en su tramo aéreo, fue remozado por los almohades en 1172-89 d.C. Desafectado y demolido en 1912, mantiene partes del tramo expuestas (figura 2). La tecnología pasa a Nueva España, y a San Ignacio de Calamuchita en Nueva Andalucía.

### Valores del agua en la España post romana.

Los visigodos que se establecen en la Hispania romana era germánicos y no muy proclives al desarrollo hidráulico. Se asientan en Hispania mediante acuerdos políticos con Roma, en territorio desarrollado por ésta ya de manera destacada. Los visigodos no contaban con una estructura política sólida y perdurable, pero asimilan la romana.

Podemos considerar entonces que absorben y hacen propias, las obras hidráulicas heredadas, difíciles de superar tecnológicamente. Lo propio sucedería con las de los pueblos autóctonos. Pero no descartamos el conocimiento y consideración que el pueblo visigodo tenía sobre el agua y su importancia. San Isidoro de Sevilla - libro XIII de las Etimologías - hace referencias específicas al valor del agua y a sus efectos purificadores, transmitiendo conocimientos previos (Velázquez y Ripoll 1992).

## Redefinición del agua en el Islam hispánico.

Sucede algo tecnológicamente similar con el Islam. Aunque la importancia del agua en el mundo islámico adquiere otra perspectiva. Dada su condición y origen, el islam enfatiza el aspecto religioso del agua en cuanto a purificación y abluciones. Pero también considera esencial el suministro de agua para la vida doméstica y la vida pública. El regadío de las tierras cumple un papel preponderante, y es una aportación específica. Para ello el transporte del agua se torna crítico, sobre todo en tierras áridas como las andaluzas.

Los conquistadores de 711 mantuvieron los sistemas preexistentes de pozos, cisternas, acequias, ríos, acueductos, etc. Casas, palacios, alcazabas, barrios altos y bajos, eran alimentados con agua corriente. Pero introdujeron otras tecnologías. Es posible ver el *qanat* a la vera del camino, una tecnología de transporte del agua de herencia persa[10] (figura 3). Los jardines del Generalife en la Alhambra brindan el detalle del agua en sus fuentes y canalizaciones.

La cultura islámica hispana medieval industrializó asimismo las tecnologías del agua. La fortaleza en Alcalá de Guadaíra al este sudeste de Sevilla controlaba el suministro de agua de *Ishbilia* [Sevilla]. A fines del siglo XII se recupera el antiguo acueducto romano, los «Caños de Carmona», parte del sistema de minas de agua de Los Alcores (Moral Martos F. 2020). Los molinos harineros sobre el río demuestran la pujanza de la industria molinera alcalareña. Entre ellos *San Juan* y *El Algarrobo*, éste de los llamados «de rodezno» (figura 4). Entre los siglos XV y XVI habrían existido 40 molinos en Alcalá de Guadaíra.

## Hidráulica andaluza y neoandaluza. Mestizaje tecnológico.

Tras el discurso de la evolución cultural ibérica, el paso al continente trasatlántico supone una transferencia de lo ya aprendido y de los modos de hacer, por los conquistadores de la mano de las misiones jesuíticas de evangelización. Las novedosas aportaciones técnicas hispanas conviven con las indígenas prexistentes y las culturas yndianas sustentan lo europeo.

Figura 3
Qanat. Villaluenga del Rosario, Cádiz (foto de los autores)

Figura 4
Molino del Algarrobo (foto de los autores)

Hay entrelazamiento y retroalimentación, aprovechando y mejorando aportaciones previas: Roma en Andalucía y la Compañía de Jesús en Nueva Andalucía, y reconocemos mestizaje tecnológico en estructuras hidráulicas de ambos continentes. Las construcciones andaluzas tienen improntas varias y herencia vernácula; las neoandaluzas, hoy subsistentes, fábrica jesuita y huella indígena. Ningún pueblo prescindió del agua para su sustento, ni de tecnologías tanto autóctonas como «importadas».

No menos de 10 pueblos o civilizaciones protagonizan el desarrollo hidráulico andaluz, incluyendo íberos; fenicios; griegos; romanos; árabes y castellanos. Con el chimú, el inca y el diaguita, unos 5 pueblos destacan en la cronología del desarrollo hidráulico neoandaluz, sirviendo la tecnología castellana como enlace y superación. En esta continuidad, 15 diferentes aportaciones se identifican en el proceso tecnológico hidráulico hispano.

«La gestión del agua es considerada como un hecho político y social adaptado a unas condiciones medioambientales particulares.» (Castro García 2017). El agua tiene valores sagrados en cada cultura y en nivel superlativo para el cristianismo. Tratamos con dos regiones claves de la España católica, un poder político que en el Nuevo Mundo estableció el mestizaje como política de estado.

## Hidráulica andaluza y neoandaluza. El desarrollo jesuítico

«Algunos historiadores consideran que … hay una pre-revolución industrial, fundamentalmente en la Baja Edad Media, siglos XI al XV, dado el avance … en el control de diversas fuentes energéticas como la eólica y la hidráulica…» (Roldán Cañas 2016).[11]

Terminada la Reconquista, Andalucía presenta un desarrollo hidráulico hacia la industrialización; Nueva Andalucía replica el esquema. Como protagonista surge la Compañía de Jesús a mediados del siglo XVI. Ambas regiones generosamente abastecidas por sistemas hídricos. La europea con la cuenca del Guadalquivir desembocando hacia el poniente en el Golfo de Cádiz; la americana interior, con cursos bajando de las sierras hacia el levante, para desembocar en el río Paraná, luego en el Río de la Plata, y en el océano.

Rivero-Lamela y Ramos-Carranza (2021) identifican 85 molinos hidráulicos en riberas significativas de las Sierras de Cádiz que no están protegidos y los molinos hidráulicos de Jáchal en San Juan, Argentina, cumplen un rol singular hacia 1880.

«En la segunda mitad del siglo [XVI] … son fundados unos 15 colegios jesuitas en Andalucía. En el siglo XVII la orden establece 11 instituciones, mayormente colegios y se producen 4 fundaciones en el siglo XVIII. En 185 años fundan «24 colegios andaluces … más aquellos administrados por los jesuitas, pero pertenecientes a otras congregaciones.» (Saborido Forster et al. 2022). Hacia fines de siglo la operatoria tiene lugar en América.

La necesidad de evangelización tiene fuerte implicación en actividades de subsistencia y producción agrícola hacia el auto sustento asimiladas al lema benedictino «ora et labora». La Compañía de Jesús estableció centros productivos, varios relacionados con instituciones educativas. La hacienda San Juan Bautista de la Atalaya Alta proveía al Colegio de San Teodomiro en Carmona, la de San Francisco Xavier de los Ángeles en Alcalá de Guadaíra [Los Ángeles] sustentaba al noviciado en Sevilla. La estancia [hacienda / cortijo] de Santa Catalina [Córdoba, Arg.] también lo hacía con el noviciado, y la de Nuestra Señora de Alta Gracia sostenía al Colegio Máximo. La Compañía de Jesús concretaba transferencias tecnológicas mediante la movilidad de sus miembros y el «modus noster» jesuita.

Respecto a producción y arquitectura hidráulica estudiamos tres casos: a) Los Ángeles en Alcalá de Guadaíra, Sevilla; b) Nuestra Señora de Alta Gracia y c) Santa Catalina de Alejandría; éstas en Córdoba, Arg.

Los Ángeles, con 400 ha, era una importante unidad de producción. Recio Mir menciona tres molinos [de aceite]: *Chico*, *Grande* y *Nuevo,* con que Los Ángeles contaba en 1761 – 6 años antes del extrañamiento – y los elementos productivos. Desde el siglo XVII la hacienda contaba con instalaciones agrícolas que incluían una noria y la tahona o molino de harina, «en el que la molturación del trigo … se hacía mediante las clásicas piedras graníticas en forma de conos que se denominan rulos». «Del primer ingenio, que venía a satisfacer el agua necesaria en la producción aceitera, se cita la rueda del agua, el peón, el carro, la soga, los cajilones y el dornajo del agua.» (Recio Mir 2007)

De mayor extensión, las seis estancias hoy en el «Camino de las Estancias»[12] eran singulares unidades

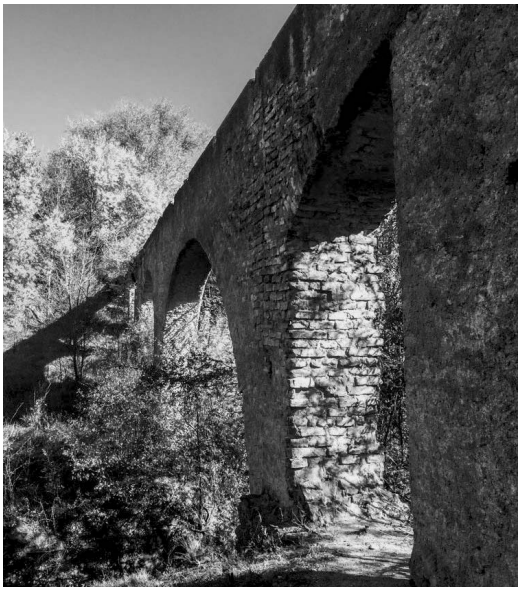


Figura 5
«Calicanto». Acueducto San Ignacio de Calamuchita (Córdoba Turismo. Ciro Francovich)

de producción en el entorno neoandaluz.[13] Los indios sanavirones empleaban represas denominadas *jagüey*, que fueron luego llamadas *tajamares.*[14] Las estancias contaban con tajamares y San Ignacio de Calamuchita con un acueducto (figura 5).

Establecida en 1643, Alta Gracia contaba con 248.500 ha. Su producción incluía ganado mular, tejidos, metalurgia y materiales de construcción. Para ello utilizaba un sistema eficiente de molinos, batán, talleres y obrajes. Su tajamar, hoy existente pero reducido y en el tejido urbano, tenía un espejo de agua de 2,53 ha y 29.500 m3 (Reyna 2013) (figura 6). El agua bajaba a presión y movía los elementos hidráulicos. Alta Gracia no contaba con recursos de agua abundantes. Los padres jesuitas construyeron diques para contener y canalizar los arroyos Caocamilín y Chicamtoltina hacia el tajamar; 9 de ellos denominados «paredones», algunos hoy en pie (Saborido Forster, 2019a) (figura 7).

El tajamar de Santa Catalina está intacto y en funcionamiento. El sistema más complejo y extenso incluía tomas de captación desde el río y alejadas del edificio principal, con túneles y acequias. El aparato hidráulico productivo incluía dos molinos: de arriba

Figura 6
Tajamar. Alta Gracia (Heretiq [GNU Free Documentation License])

[de rodezno] y de abajo; otro tajamar – quebrado y ahora en desuso – con molino, y varios acueductos, hoy restos arqueológicos. El sistema proveía al regadío de la huerta y a las necesidades de la congregación (figuras 8, 9, 10). Pueden verse muelas en el sitio, similares a las de la zona del río Guadaíra.

Reyna (2013) brinda un detalle de tajamares[15] en las estancias: Colonia Caroya – 4.500 m3; La Candelaria – 5.500 m3; Alta Gracia – 29.500 m3 y Santa Catalina – 57.000 m3, sin contar el segundo tajamar.

Figura 7
Primer paredón. Alta Gracia. Azud de retención. (Córdoba Turismo)

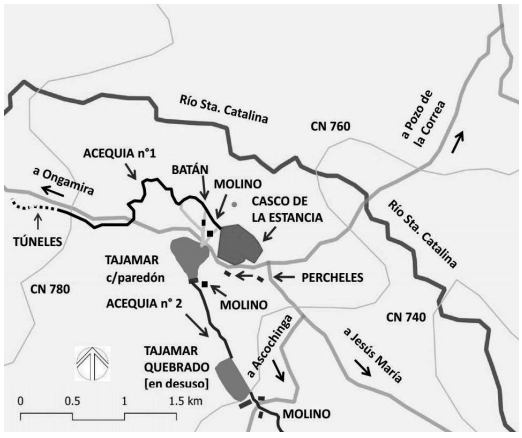



Figura 8
Alimentación de Sta. Catalina (elaboración propia)

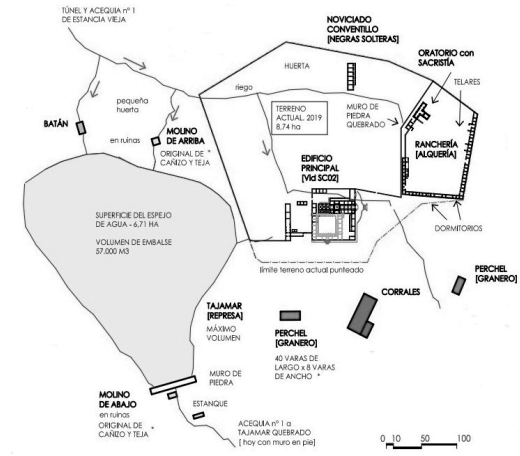



Figura 9
Hidráulica en Sta. Catalina (elaboración propia)

Todas totalizando más de 10 ha de espejo de agua.

San Ignacio era la de mayor extensión con 324.000 ha y se privatiza en 1767. Deviene luego en ruina, pero queda como testigo de su arquitectura hidráulica el «Calicanto», un acueducto al norte, y un molino. «El sistema hidráulico jesuita contaba también con molinos en Jesús María» (Saborido Forster 2019),[16] uno con la maquinaria.

## Construcción hidráulica. Herencia transmitida

Cisternas y pozos andaluces fueron excavados en piedra y revestidos con mortero para impermeabilizar sus superficies. El acueducto de Segovia consta de pilares de bloques de granito asentados sin argamasa. El de Zacatecas, utilizando material local de cantera rosa, una piedra caliza de ese color de mucha consistencia y dureza. Los *qanats* –minas de agua– fueron generalmente excavados en terreno natural, no siempre firme. Los huecos de ventilación podían ser reforzados con anillos. En Los Alcores, las minas de agua eran excavadas en terrenos conocidos como albero. En algunos tramos las galerías se reforzaban con muros y bóvedas de ladrillo, a veces con roca. Citando a Valencia y Vera (2011), Moral Martos (2020) señala que [en Sevilla] «Los pozos, de ladrillo y mampostería y rematados con brocales cerámicos o de piedra, tenían planta circular y escasa profundidad, generalmente entre 3 a 5 m. La ausencia generalizada de aljibes en las casas sevillanas tradicionales se puede atribuir a la facilidad de abastecimiento mediante pozos.»

En territorio neoandaluz, aún lo autóctono, acequias, túneles, canales y tajamares, era construido con piedras locales generalmente calcáreas, y argamasa de conchillas, constituyendo el denominado calicanto. Se sumaba a esto la mampostería de ladrillos, evidente en molinos harineros o muros de otros elementos hidráulicos. El europeo muro tapial era utilizado en ciertos casos.

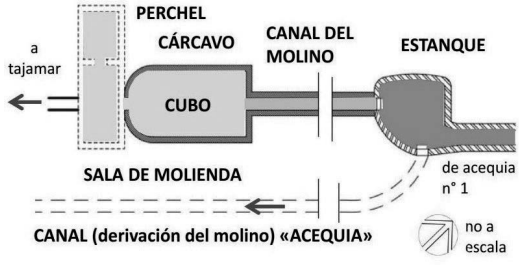



Figura 10
Molino de arriba de Sta. Catalina. Planta (elaboración propia)

## Resultados

La investigación brinda una aproximación desde lo global a un tema amplio y complejo; una mirada general hacia profundizaciones de diferentes componentes; pero desde y hacia lo integral. La arquitectura hidráu-

lica tiene numerosas vertientes de estudio: técnica, sociológica, geológica y geográfica, generalmente en forma puntual y segregada. Una primera lectura impone entonces una metodología de integración.

Existe parentesco tipológico y constructivo en obras hidráulicas de ambos territorios –europeo y americano; con continuidad productiva, territorial y arquitectónica, conceptual y propositiva. Materiales y composición desvelan asociaciones socio culturales y tecnológicas. Desafíos específicos evidencian adaptaciones y diferencias cuantitativas. Lo europeo expresa un efecto «boutique», excepto en la «majestuosidad» del acueducto romano, y lo americano una «producción masiva» no tan refinada, con hidráulica jesuita «austera», pero eficiente, precisa y productiva.

A territorios neoandaluces de envergadura, a veces 400% más extensos que en Andalucía, el requerimiento de agua para los asentamientos jesuíticos era mucho mayor. Eran volúmenes entre 4.500 m3 y 57.000 m3, cuando algunas cisternas andaluzas contenían entre 8 a 30 m3. Ambos recursos hídricos, no obstante, eran abundantes.

Hemos verificado respuestas tecnológicas según medios, requerimientos, objetivos y disponibilidad de recursos naturales. Ambos territorios son similares; pero ciertos modos históricos impusieron soluciones distintas. *Acueductos romanos, azudes* y *qanats* adquieren características diferentes en América, incluso en lo indígena sin haber contacto sincrónico. Racionalidad en la lectura de la naturaleza, la canalización y almacenamiento es la constante.

## Conclusiones

Puede confirmarse el mestizaje como desarrollo socio cultural y línea de trabajo, con utilización de tecnologías que en ambos territorios emanaron de procesos hereditarios ancestrales y transferencias generacionales; pero donde los conceptos esenciales se mantuvieron. Existe una mezcla de transmisión cultural y desarrollo autónomo, como en todo el patrimonio involucrado. Observamos, no obstante, continuidad en la interpretación de los «programas de necesidades» y las respuestas tecnológicas. Asimismo, similitud entre las gestiones hidráulicas indígenas de ambas regiones, como también entre la romana y la jesuita. Puede constatarse una mejor respuesta tecnológica desde un factor de poder más desarrollado.

Identificamos en el trayecto cronológico una constante de sostenibilidad natural y espontánea, aunque subyacentemente planificada. La utilización de recursos locales y tecnología preexistente importan racionalización de medios anticipando iniciativas del siglo XXI. En toda instancia se verifica, aun explotando recursos, un desarrollo respetuoso del medio ambiente y la naturaleza; del individuo y del usuario.

Andalucía recibe tecnología romana, materializando construcciones importantes, y el influjo árabe redefine la cultura hidráulica de la España hispanorromana y visigoda, con ejemplos singulares en la producción harinera y el regadío granadino. Los padres jesuitas transfieren tecnología a América, que asimila la herencia indígena precolombina, adquiriendo luego otra dimensión, y gran desarrollo en Nueva España y Nueva Andalucía. Verificamos un desarrollo constructivo hidráulico para la producción industrial cuasi lineal con mestizaje tecnológico.

Superada la tecnología original, el proceso milenario es patrimonio industrial destacado y mundialmente reconocido. Numerosas construcciones hidráulicas en Andalucía y Nueva Andalucía testimonian la singularidad y vigencia patrimonial de estas construcciones. Subsisten acueductos, azudes, molinos y qanats en zonas serranas y riberas fluviales andaluzas; y molinos, acueductos y tajamares neoandaluces. Pero la degradación del patrimonio hidráulico jesuita americano y la del patrimonio hidráulico andaluz es palpable.

El estudio propone futuras profundizaciones de investigación regionales y cronológicas para establecer mayores precisiones en campos específicos. Todo en un marco de valoración y protección y reactivación patrimoniales, mediante legislación y concientización social adecuadas.

## Notas

1. Nueva Andalucía, fue gobernada por Pedro de Mendoza [Guadix, Granada 1487 - Alta Mar 1537], quien estableció el 1º Real de Buenos Aires. La Capitulación estaba entre los paralelos 25º 31’ 36” y 36º 57’ 09” sur; abarcaba el territorio desde el Mar de Etiopía [Atlántico Sur] hasta el Mar del Sur [Pacífico Sur]. Cubría regiones hoy en Argentina, Brasil, Chile y Uruguay.
2. Hoy atraviesa 6 países; declarado Patrimonio Mundial por la UNESCO en 2000.

3. Tribus belicosas en Córdoba, hoy Argentina. Junto a los Tonocotés y otros, denominadas genéricamente Diaguitas. Los Sanavirones eran originarios del sudeste de Santiago del Estero.
4. Según señala Saborido Forster G. A. (2019b), los indígenas Sanavirones estuvieron relacionados con el desarrollo de los asentamientos jesuíticos en Córdoba [Arg.], particularmente con la estancia de Santa Catalina.
5. Cursiva utilizada por entrecomillado original.
6. Citado en Saborido Forster G. A. (2019b) y en Núñez C. J. (1980) *La Estancia de Santa Catalina. Estudio…*
7. *Morteritos* o huecos en las rocas del río para molienda de semilla, frecuentes en la Sierra Chica [Córdoba, Arg.]. Se ven en San José de la Dormida, Córdoba [Arg.]. Cada morterito posee una forma singular que lo identifica con cada familia sanavirona.
8. Pueblo agricultor andino o andinizado. Sus cultivos eran en andenes, y dada la aridez del clima, la única manera de mantenerlos era mediante irrigación artificial.
9. Cursiva en el original.
10. El Qanat es denominado también *mina de agua.*
11. Cita a del Pino García et al. (2011).
12. El circuito fue estudiado por Velazco Gómez M. M. (2017, 2: 986) en su Tesis Doctoral sobre la «Carrera de Indias».
13. Entorno «cordobés argentino».
14. Etimológicamente procede de *taja*, cortar y *mar*; acepción que en realidad no concordaba con la función de embalse o represa.
15. Ibidem.
16. Cita a Patiño A. (2019), arquitecto responsable de Patrimonio y Paisaje Cultural, Municipalidad de Jesús María.

## Lista de Referencias


Canals Frau S. 1953. *Las poblaciones indígenas de la Argentina.* Editorial Sudamericana [1986 Hyspamérica Ed.] pp 460-471.

Castro García M.M. 2017. *La gestión del agua en las ciudades de la provincia Hispania Ulterior Baetica*. RIPARIA 3 (2017), 1-29. http://hdl.handle.net/10498/19309.

Egea Vivancos A. 2010. *La cultura del agua en época ibérica: una visión de conjunto.* LVCENTVMXXIX, 2010, 119-138.

Fernández Casado C. 2008. *Acueductos romanos en España* 2ª ed. Cap. V pp. 159-185. CSIC, Madrid.

Hermosilla Pla J. 2008. *Las galerías drenantes en España. Análisis y selección de qanats* Universidad de Valencia. Repositorio del IAPH.

Jiménez Martín A. 1975. *Los Caños de Carmona. Documentos olvidados*. Historia. Instituciones. Documentos, 2, 273-294. Universidad de Sevilla. http://hdl.handle.net/11441/13250

Lastanossa P. J. de c. 1565. *Los veintiun libros de los Ingenios y de las máquinas.* Biblioteca Nacional de Madrid, Manuscritos 3372 a 3376, folio 121. Citado en Tapia N. G. 1987 *Pedro Juan de Lastanosa (sic) y el abastecimiento de aguas a Nápoles* Varia del Arte pp 319-320. Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología: BSAA, ISSN 0210-9573, Tomo 53, págs. 317-327.

López Martínez A. L. 1999. *El patrimonio rústico de los jesuitas en España. Una aproximación.* Universidad de Sevilla. Hispania [ed].

Moral Martos F. 2020. *Los «qanats» o minas de agua del acuífero de Los Alcores y el sistema tradicional de abastecimiento de agua a Sevilla.* Boletín Geológico y Minero, 131 (1): 59-73. ISSN: 0366-0176. DOI: 10.21701/bolgeomin.131.1.004.

Núñez C. J. 1980. *La Estancia de Santa Catalina. Estudio histórico e historiográfico – Siglos XVII y XVIII*. Dirección de Historia, Letras y Ciencias. Córdoba [Argentina].

Qutes F. F y Bruch C. 1910. *Los aborígenes de la República Argentina*. Buenos Aires, Estrada y Cía. [Ed.] pp. 56 y 57.

Recio Mir A. 2007. *De la Compañía de Jesús al XII Duque de Alba: La Hacienda los Ángeles de Alcalá de Guadaíra [Sevilla]*. En Ponz, A. 20: 309-37. También Laboratorio de Arte 20.

Reklaityte I. 2007. *Importancia y aprovechamiento del agua en el mundo medieval islámico*. SALDVIE nº 7 pp 159-171. Recuperado de: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3044482.pdf Consultado: 8 de abril de 2022.

Rivero-Lamela G. y Ramos-Carranza A. 2021. *Antiguas arquitecturas productivas en la activación de entornos rurales. Los molinos hidráulicos de la Sierra de Cádiz*, Ciudades, nº24, pp. 145-165. DOI: https://doi.org/10.24197/ciudades.24.2021.145-165.

Reyna S. et al 2013. *Los primeros diques de Córdoba, Argentina: los tajamares jesuitas.* Aqua-LAC - Vol. 5, Nº 1, marzo 2013, pp 64-73.

Roldán Cañas J. 2016. *Molinos, norias y batanes en la península ibérica durante la Edad Media.* Discurso de clausura del año académico 2015 – 2016. Boletín de la Real Academia de Córdoba, BRAC, 165 (2016) pp. 37-61.

Saborido Forster G. A. 2019a. *La construcción del patrimonio compartido en el Camino de las Estancias Jesuíticas y el conjunto de Alta Gracia.* Soria, España, Acta del XI Congreso de Historia de la Construcción.

Saborido Forster, G. A. 2019b. *Haciendas Jesuíticas Españolas. El caso de Santa Catalina en el Camino Real al Alto Perú.* Trabajo Final de Máster en Arquitectura y Patrimonio Histórico, Universidad de Sevilla. (Mosquera Adell E. y Ponce Ortiz de Insagurbe M. M. tutores).

Saborido Forster, G. A. et al 2022. *Dos arquitectos jesuitas para dos Andalucías: Pedro Sánchez S. J. y Giovanni*

*Andrea Bianchi S. J.* II Congreso Internacional Nodos del Conocimiento. Retos para la universidad ante el horizonte 2030. Sevilla y Zaragoza, España.

Sánchez López E. H. 2008. *Introducción a los acueductos romanos en Andalucía* @rqueología y Territorio nº 5. 2008. pp. 127-139.

Velazco Gómez M. M. 2017. *Itinerario cultural de la Carrera de Indias y su arquitectura defensiva*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla, Sevilla, Tomo II, 986.

Velázquez Soriano I. y Ripoll López G. 1992. *Pervivencias del termalismo y el culto a las aguas en época visigoda hispánica.* Espacio, tiempo y Forma, Serie II, Hª Antigua, t. V, 1992, pp. 555-580.

## Recursos en Red

Earth Science Australia 2022. *Qanats - re-directing underground water in Iran.* Recuperado de: http://earthsci.org/mineral/energy/qanats_iran/qanats.html Consultado: 7 de abril de 2022.

Water History 2022. *Qanats*. Recuperado de: http://www.waterhistory.org/histories/qanats/qanats.pdf Consultado: 28 de marzo de 2022.

# Las naves de los talleres de Fundición Gabilondo en Valladolid. Estudio del diseño constructivo de la estructura metálica

María Paz Sáez Pérez
María Soledad Camino Olea
Alfredo Llorente Álvarez
Alejandro Cabeza Prieto
Ana Belén Ramos Gavilán

La preocupación por la conservación del Patrimonio Industrial es relativamente reciente en España ya que no es hasta el año 2001 cuando el Instituto del Patrimonio Histórico Español puso en marcha el primer Plan Nacional de Patrimonio Industrial, que ha permitido la conservación y mantenimiento de un Patrimonio que no había sido tan valorado como otros elementos del Patrimonio Histórico. La conservación y reutilización de este Patrimonio permite estudiar y comprender el valor que las estructuras de hierro de las naves industriales aportan al contexto social, histórico y urbano de las ciudades.

Teniendo en cuenta este contexto, esta investigación tiene como objetivo analizar la estructura metálica de las naves de los Talleres de la Fundición Gabilondo en Valladolid, formadas por una nave aislada y un conjunto de siete naves adosadas, con estructura de hierro roblonada y atornillada, de perfiles laminados y chapas, de las que se han conservado cinco crujías, incluido alguno de los puentes grúa, y uno de los testeros de fábrica de ladrillo, en una actuación urbanística de principios de este siglo que ha integrado estos elementos en un espacio libre público, ajardinado.

Estas naves fueron proyectadas en 1944 estando vigente el Decreto de restricción del uso del hierro en edificación, lo que sin duda tendría repercusión en el diseño de la estructura, aunque mantiene el diseño de elementos compuestos formados por perfiles laminados y chapas roblonados, posiblemente por tener presente en el proyecto el diseño de las antiguas naves que seguía siendo útil para la nueva construcción.

El objetivo final es estudiar el tipo de estructura, los materiales y elementos de unión con los que se levantaron estas naves y de esta forma proporcionar información para las actuaciones de conservación del patrimonio industrial relativas a esta tipología de estructuras metálicas.

## Introducción

Los orígenes de la industrialización en España se confirman en un periodo tardío, formando parte de una segunda generación, reconociéndose en primer lugar como país abastecedor de materias primas y, a partir de mitad del siglo XIX, productor de bienes de carácter industrial. Esta lenta incorporación, unida a la situación de las ciudades, en la que se observaba una evolución desproporcionada de las áreas edificadas, preferentemente de tipo residencial, afectó de forma significativa al desplazamiento de esos espacios a zonas cada vez más alejadas del centro, con lo que implicaba de destrucción de importantes edificios del patrimonio industrial.

Tal y como confirma Pardo, en el caso de Madrid, por ejemplo «La especulación y la orientación de la ciudad hacia un modelo funcional específicamente terciario y residencial, por el que ha apostado el planeamiento urbanístico desde la década de 1960» (Pardo

2007), que acabaron con algunos elementos significativos del legado de la primera industrialización, no reconociendo utilidad ni valor alguno a muchas de las infraestructuras y construcciones. Este escenario es reconocido en la mayor parte de nuestras capitales.

En España, la industrialización se ve retrasada casi un cuarto de siglo respecto de los países más avanzados del norte de Europa y América, considerándose la década de 1830 como el inicio de esta era, coincidiendo con la recuperación, tras los diversos avatares que fueron protagonistas años antes, como fue la guerra de la Independencia española y la pérdida de las colonias americanas, lo que ralentizó su avance. Como confirma Martínez «Entre 1830 y 1860 se consiguió duplicar la modesta cifra de producción industrial gracias al surgimiento de focos industriales relacionados especialmente con el textil catalán y, en menor medida, la agroindustria andaluza y castellana o la siderometalurgia asturiana» (Martínez 2022).

Años más tarde, son otras industrias las que expanden su producción y comienzan a destacar en el sector industrial del país. Sin embargo, este avance se vio mermado por las condiciones sociopolíticas que se vivían en España en esa época, lo que impidió que la actividad industrial tomara la relevancia que le correspondía y que se produjera un impulso definitivo. Las consecuencias, como se han comentado, provocaron el retraso de la inclusión de España en esa revolución industrial dentro del contexto europeo.
La recesión mundial y una tercera generación de países industrializados aumentaron la competencia, lo que, unido a la debilidad estructural del sistema industrial español, supuso un nuevo retroceso.

Centrados en los cambios que aporta la industrialización en las ciudades, (Martínez 2022) expone que, en la primera fase, se observaron de forma desigual en el territorio. En general, y a escala regional, los principales aportes se centraron en nuevas infraestructuras que mayoritariamente se localizaron en la periferia peninsular, mejorando no sólo las vías de comunicación, sino atrayendo nuevas actividades empresariales.

A escala local, las fábricas se ubicaron preferentemente junto a las áreas de producción de las materias primas (yacimientos) y de transporte y comunicación (puertos, estaciones de ferrocarril y ejes fluviales). Lo que supuso la concentración de la industria en zonas concretas, eliminando la dispersión espacial habitual en décadas anteriores.

Poniendo el foco en los objetos industriales por excelencia, las naves industriales fueron el fiel reflejo del crecimiento económico, a lo que se sumó el deseo de mostrar la grandeza de la civilización industrial. Esta situación se vio favorecida por las innovaciones en las técnicas constructivas que, de forma inmediata, se ve reflejada en las estructuras físicas industriales.

Tal es así que se originaron numerosos complejos fabriles, en los que la estética y majestuosidad de sus fachadas venía de la mano del lenguaje artístico del momento, primando su aspecto exterior en muchos casos, y siendo interiormente adaptados a las necesidades de la actividad industrial correspondiente.

> El edificio de la fábrica pasa a ser un monumento al progreso de la civilización industrial, a la vez que sirve para mostrar la potencia de la empresa propietaria y de su dueño. A partir de ese momento se construyen edificios cada vez más imponentes, en los que la preocupación esencial por la funcionalidad del espacio va unida a una inquietud estética y retórica y en donde es posible crear nuevas tipologías constructivas gracias a la utilización de nuevos materiales como el hierro, el cemento o el hormigón armado, combinados frecuentemente con materiales tradicionales, esencialmente el ladrillo; éste podía ser enlucido al principio o, de forma más general, dejarse visto, y podía utilizarse expresivamente en la decoración de las fachadas (Capel 1996).

Centrados en su diseño, otra característica de esta evolución se concentra en la proyección de grandes naves de una sola planta, de tipo modular, que permitiera futuras ampliaciones de su superficie y con fácil comunicación al mismo nivel.
Respecto a los sistemas y soluciones constructivas empleados, destaca como uno de los cambios más significativos e importantes la incorporación de la iluminación cenital a través de las cubiertas, así como la ampliación de los ventanales laterales, con el uso de amplias cristaleras.

Con la llegada de nuevos materiales, la transformación fue decisiva. Los materiales prefabricados simplificaron y homogeneizaron los diseños, sin dejar de lado las exigencias que correspondían a cada una de las actividades industriales, que lo eran igual en variedad que en nuevos diseños, reconociéndose «cada vez más numerosas a lo largo del siglo XX» (Capel 1996).

Los nuevos materiales permiten, por ejemplo, a partir de la década de 1940, la sustitución del sistema

de techo en sierra con iluminación septentrional por techos de vidrio con mayor capacidad resistente y con mejores prestaciones lumínicas que, reduciendo la iluminación solar directa, favorecían un mayor aprovechamiento en el interior.

En el caso concreto de la ciudad de Valladolid, la industrialización en una región históricamente tan poco industrializada como Castilla y León no puede interpretarse con los mismos parámetros que en otras regiones. Tomando como referencia la definición de patrimonio industrial en su máxima extensión, y considerando tanto el edificio como todos los elementos que hacen posible el desarrollo de la actividad industrial (infraestructuras, equipamiento, urbanización, etc.), los orígenes del patrimonio industrial de Valladolid se pueden concretar en dos momentos específicos, el primero de ellos en la década de 1840, coincidiendo con la expansión de la industria alimentaria, de la que es representante la Comunidad de Castilla y León, con las obras del Canal de Castilla que permitió el transporte de mercancías norte sur de forma rápida y segura, y que, como vía de transporte, empezó su declive con la llegada del ferrocarril, que en Valladolid supuso un gran impulso para la industrialización (García 1974), con la construcción de la estación del Norte y los talleres. El segundo momento fue en la década de 1950, en la que se produce el inicio de la industria de la automoción como FASA y SAVA y el asentamiento de otras industrias como TAFISA, NICAS o ENDASA (García 1974). Precisamente esos dos hitos temporales son los que provocan la desaparición o la relocalización de algunos de los ingenios de la época.

El caso de estudio abordado en la presente comunicación se centra precisamente en una de las industrias que, teniendo su origen en el siglo XIX, acoge la relocalización en el siglo XX y en la actualidad se reconoce como elemento patrimonial industrial en la capital vallisoletana, siendo objetivo principal de esta ponencia realizar el estudio constructivo y formal de los restos del complejo, dando a conocer la singularidad de los inmuebles que surgieron en este proceso de reindustrialización en España y que actualmente se mantiene como uno de los mejores ejemplos de la época. Su conocimiento permitirá realizar intervenciones rehabilitadoras y de mantenimiento con garantías.

## Caso de estudio

Los talleres de fundición Gabilondo fueron fundados en 1860 bajo la razón social de «Sociedad Gabilondo Hermanos», a los fundadores les sucedió Leto Gabilondo, un hijo de uno de los fundadores y en 1904 pasaron a ser Sociedad Anónima (Financiero hispano-americano 1911). En su origen, la empresa se dedicó a trabajos auxiliares para los Talleres del Ferrocarril (García 1974) que, tal y como se ha comentado, tuvieron gran importancia en el desarrollo industrial de Valladolid, para más tarde progresar y convertirse en una empresa importante dentro del entramado industrial de Valladolid.

Las primeras naves se instalaron, en lo que en la época eran las afueras de Valladolid, en una parcela de forma triangular situada entre el paseo de Zorrilla, la actual calle Gabilondo y la calle la Florida, cerca de la vía y de la estación del antiguo tren hacia Medina de Rioseco. Aunque fabricaban toda clase de piezas de cobre y hierro, como farolas, bancos para las aceras e, incluso elementos de edificios emblemático en la ciudad, como la estructura y ornamentación de la plaza de toros de Valladolid del Arquitecto Teodosio Torres (Virgili 1979), la empresa se especializó en material ferroviario, de ahí la importancia de ubicarse próxima a una línea ferroviaria. Hacia 1911, las naves ocupaban una extensión de unos 8.500 metros cuadrados, lo que da idea de la importancia de estos talleres en el Valladolid de finales del siglo XIX y principios del siglo XX (Financiero hispano-americano 1911).

Según se aprecia en la fotografía de una de las naves existentes en la primera ubicación de los Talleres de Fundición Gabilondo (figura 1), esta construcción tenía una única crujía, formada por pórticos metálicos con cubierta a dos aguas con cambio de pendiente. El espacio generado en el interior era amplio y bien iluminado, gracias a la disposición de ventanales en los paños inferiores, de mayor pendiente que los de cumbrera. El cierre perimetral era de mampostería, con ventanas practicables en las paredes laterales con remate semicircular, y con un ventanal semicircular en la pared hastial a la altura de los ventanales de la cubierta. Un puente grúa circulaba sobre dos carriles dispuestos longitudinalmente sobre los muros laterales. En el encuentro de cumbrera y en el cambio de pendiente de cada faldón existían acartelamientos aligerados con dos

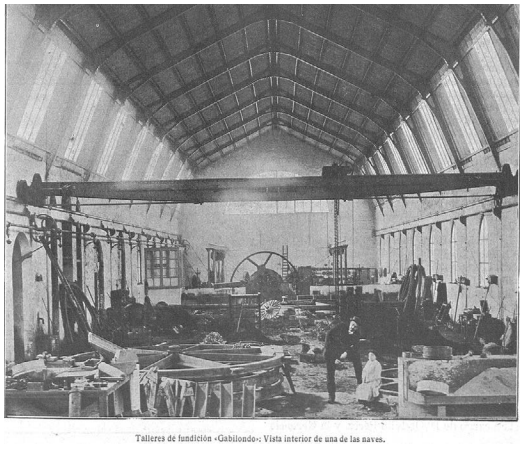



Figura 1
Fotografía del interior de una de las naves iniciales en el paseo de Zorrilla (El financiero hispano-americano: extraordinario «Valladolid». Localización del documento: Biblioteca de Castilla y León. Signatura: g-43732 1911)

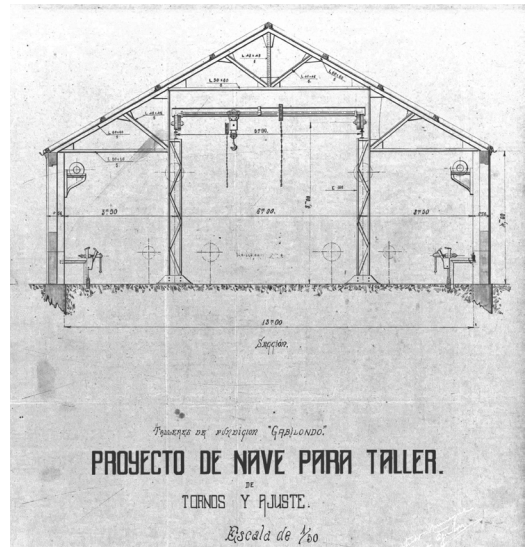



Figura 2
Sección del proyecto de Nave para taller de tornos y ajustes de Antonio Ortiz de Urbina (AMVA C 616-51 1917)

huecos triangulares, simétricos respecto a la línea de unión de los perfiles.

En las primeras décadas del siglo XX se sucedieron las ampliaciones, construyendo varias naves con fachadas de fábrica de ladrillo visto con la ornamentación habitual de la época y estructuras de cubierta de armadura de hierro. Ejemplo de estas últimas es el proyecto de nave para la calle La Florida 7, de 1912, obra del Arquitecto Teodosio Torres, que presentaba una planta en forma de trapecio, debido a la configuración del solar que ocupaban los talleres, con 10,70 metros a la calle de la Florida, 9,90 metros en el testero del fondo y con una longitud de 25,50 metros, utilizando parte de la fachada de un edificio existente del que se tapiarían los huecos (Archivo Municipal de Valladolid (AMVA), C611-36 1912) , o los que presentó Antonio Ortiz de Urbina en 1917, para construir una nave, también con fachada de ladrillo y estructura de hierro (figura 2) (AMVA C616 -51 1917)

En los años 40, los Talleres de Fundición Gabilondo S.A. tenían una capacidad de producción de fundición de 760 toneladas/año, y de 300 toneladas/año de calderería con destino a maquinaria de uso agrícola e industrial, columnas metálicas, turbinas, material de elevación y transporte, y de ferrocarril (Ministerio de Industria y Comercio 1942)

Con el crecimiento de la ciudad, en 1944 se decidió trasladar estos talleres a las afueras de la ciudad, ya que estaban localizados en lo que hoy es una céntrica zona residencial (figura 3). Con tal fin, se presentó la solicitud de «construcción de edificio para talleres y casas de empleados» (AMVA C 894 1944) con ubicación entre la carretera de Madrid, cañada del Arca real y la línea de la vía del ferrocarril de Ariza proyecto del ingeniero José Mezquita Ortega (figura 4). Evidentemente, se volvieron a situar cerca de la vía del ferrocarril, ya que era altamente necesario y útil para el transporte del material que se fabricaba y, además, se situaban junto a otras muchas industrias que se habían instalado en esa zona cercana a la estación de Ariza, como eran las instalaciones de depósitos de Campsa.

En la antigua parcela de forma triangular, las naves se organizaban en el perímetro del triángulo, mientras que en la nueva distribución se construyó una nave de fundición separada de las demás, que se levantaron en un bloque, adosadas por los cierres laterales de forma que fuera fácil la comunicación entre las mismas y el traslado de material (figura 3).

Los talleres se situaron en naves adosadas, facilitando el trabajo en serie y el traslado del material.

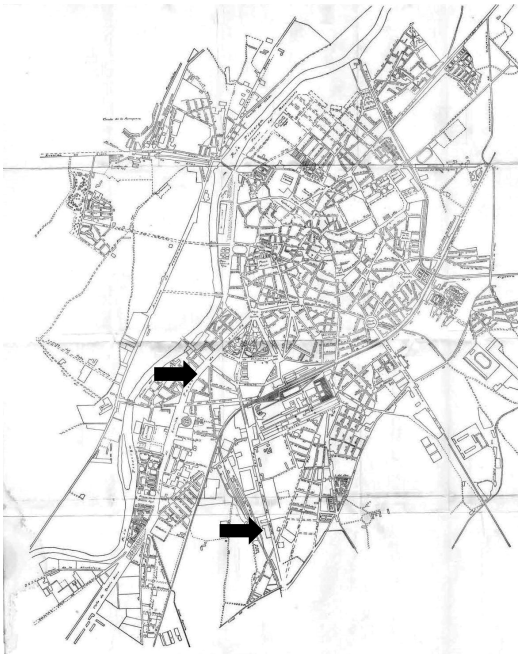


Figura 3
Plano de 1967 de Valladolid, en el que se ha señalado la parcela triangular en la que estuvieron las naves y las naves construidas en el paseo del Arco de Ladrillo en 1944 (GIS Valladolid 1967)

En la figura 4, se puede observar la localización de cada uno de los espacios previstos en el proyecto presentado.

Hacia 1983 se constituyó la empresa ENERTEC S.A., que desarrolló su actividad hasta 2001, y que vino a ocupar estas naves de los Talleres de la Fundición Gabilondo. Ya en el año 1999, en Valladolid se iniciaron las gestiones para desarrollar el barrio residencial de la Ciudad de la Comunicación, en el entorno de estas industrias, con un cambio del uso industrial al uso residencial y terciario, mediante el estudio urbanístico de detalle del APE47. La catalogación de estas naves con nivel de protección P3, P4 ha permitido que se conservaran las cinco crujías que dan al paseo del Arco de ladrillo junto con las fachadas de ladrillo, en medio de una especie de jardín en el que las plantas trepadoras suben por la estructura de metálica protegida solamente por una cubierta de nueva construcción: correas y sistema de cobertura. Solamente se han conservado dos puentes grúas y se ha sustituido el sistema de arriostramiento por otro nuevo que se diferencia del primitivo en el que las uniones entre perfiles están soldadas en vez de roblonadas, como se hizo en la construcción de las naves. En la figura 5 se puede ver parte de la fachada que se conserva y la figura 6 es una vista general de la estructura.

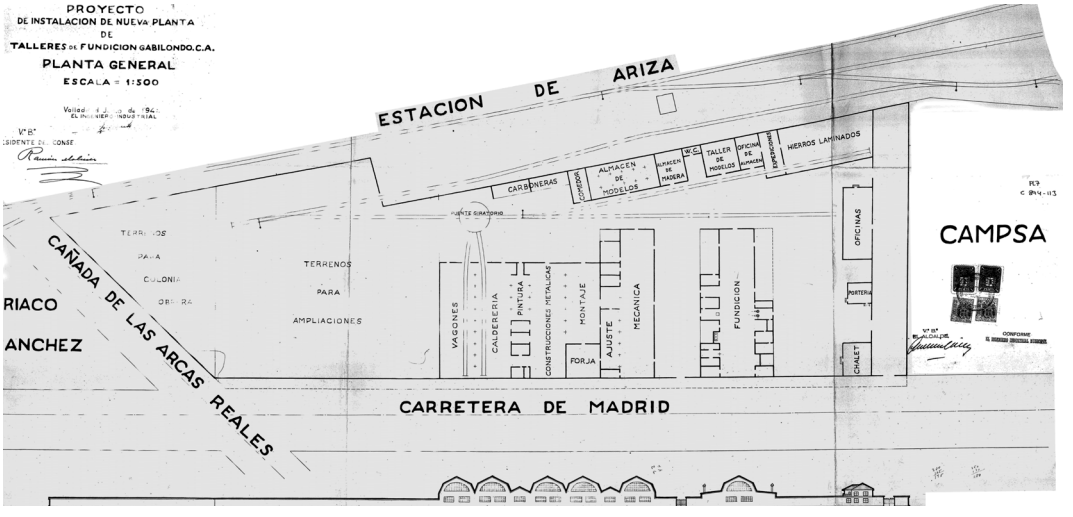



Figura 4
Plano de situación del proyecto presentado, con el alzado a la carretera de Madrid en la zona inferior (AMVA C894 1944)

Figura 5
Fachada a la calle Arco de Ladrillo que se conserva (Autores 2022)

Figura 6
Vista de la nave de fundición y los jardines (Autores 2022)

## Descripción de la estructura

El conjunto que se estudia está formado por siete naves adosadas por las fachadas laterales con una estructura que presenta características similares en cuanto que está construida con perfiles en L y chapas roblonadas para formar perfiles y secciones más complejas. Solamente hay unos elementos en los que se utilizan piezas en U en vez de perfiles en L, que corresponde con las ménsulas sobre las que se apoyan las vigas de los puentes grúa. La sección de las siete naves se puede ver en la figura 7 que muestra el plano de la sección transversal del proyecto, que se presentó para solicitar licencia en 1944, junto al levantamiento realizado de los restos actuales. El sistema de unión mediante roblones en esta época resulta altamente llamativo, puesto que, inmediatamente

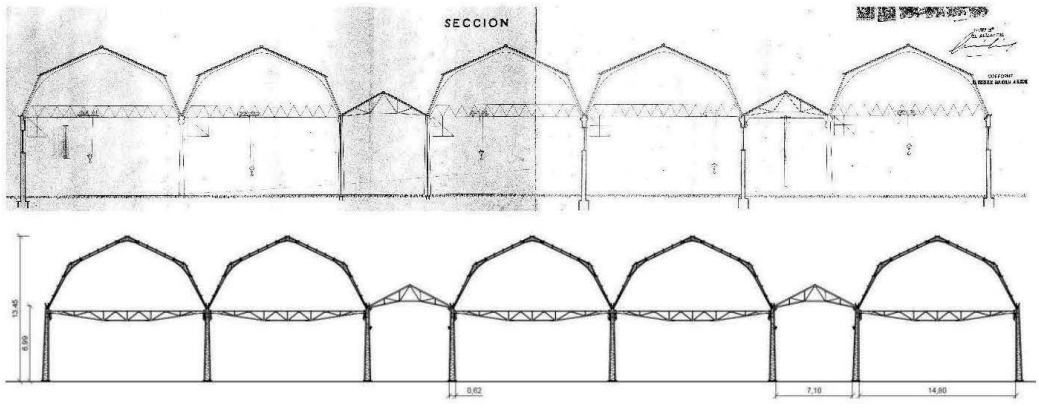



Figura 7
Arriba, sección del proyecto, de las siete naves adosadas (AMVA C 894 1944) debajo, dibujo (Autores 2022)

Figura 8
Imagen de los pilares (Autores 2022)

después de la Guerra Civil española, ya empieza a utilizarse la soldadura.

Como se puede ver en la sección, las naves fueron ejecutadas con dos estructuras diferentes de cubierta que también poseen diferentes anchuras. Las naves cuya estructura es un pórtico tienen una luz de 14,80 metros, mientras que las que presentan cerchas o cuchillos son de 7,10 metros, aproximadamente la mitad que las otras. Las naves con pórticos tienen una altura libre importante debido, posiblemente, al diseño de cubierta quebrada con los pendientes, de forma que en la zona más inclinada se disponía de lucernarios para iluminar con luz natural su interior ya que, debido a su gran longitud, no se podían iluminar con los huecos de los testeros, aunque estos presentaran unas dimensiones importantes.

Los pilares de todo el conjunto de naves tienen una sección en doble T y son compuestos, formados por perfiles en L 100.100 de 10 mm y chapas para reforzar las alas y en diagonal para formar el alma de las piezas, con una doble fila de roblones en cada ala. Donde los perfiles o las chapas no son continuos se emplean chapas por el exterior para reforzar la unión con unas dimensiones mínimas de unos 600 milímetros (figura 8). Estos pilares tienen una sección decreciente, con un mayor canto en el arranque, que va disminuyendo hasta la coronación, de forma diferente en función de la posición en el conjunto de las naves. Los pilares de entre naves, como los que se observan en la figura 8, presentan una sección simétrica, y los del borde son asimétricos, con la zona inclinada en la cara exterior.

De la zona superior de los pilares, rematada en inclinado por perfiles en L, arrancan los tramos inclinados de la zona de cubierta de los pórticos, mientras que el resto de las estructuras apoyan en los pilares mediante ménsulas atornilladas a las alas de los pilares: las vigas que soportan los puentes grúas.

El sistema tipo de pórticos se dispone como una estructura quebrada, conformada por cuatro tramos dispuestos con dos pendientes diferentes para definir la geometría de la cubierta. Estos elementos también están formados por perfiles en doble T compuestos por perfiles en L y chapas en las alas y en el alma, unidas con roblones, como en los pilares. En los nudos rígidos de los cambios de pendiente la estructura en doble T presenta mayor canto y las alas van reforzadas con chapas, que, en algunos nudos, las chapas de las almas se aligeran las chapas con perforaciones. Para el apoyo de las viguetas se pueden ver aún, en la zona de menor pendiente, perfiles en L verticales para reforzar el punto de apoyo y para la solución constructiva del apoyo de las correas. En la figura 9 se pueden ver alguno de estos pórticos y en la figura 10 uno de los nudos rígidos del cambio de pendiente

Figura 9
Imagen de los pórticos (Autores 2022)

Figura 10
Imagen del nudo de pilares y la zona de cubierta de los pórticos, ménsulas y vigas soporte de los puentes grúa y uno de los puentes grúa que se conservan (Autores 2022)

Figura 11
Cerchas de la estructura (Autores 2014)

de la cubierta, reforzado por chapas y por perfiles en L, situados en vertical para reforzar la zona de apoyo de las viguetas.

El otro sistema que se emplea es del cuchillo, formados por perfiles en L; llevando dos unidos para los cordones superior e inferior y uno sólo para el resto de los elementos, utilizando cartelas con roblones en los nudos, figura 11. El encuentro con los pilares se soluciona por medio de ménsulas, también ejecutadas con perfiles en L y chapas de forma triangular, roblonadas entre sí, que se unen al ala del pilar con tornillos.

Las naves disponían de un sistema de puentes grúas de los que se conserva solamente los carriles, a excepción de dos de las naves con estructura de pórticos, en las que sí se conserva todo el puente grúa, aunque aparentemente con algunas modificaciones y/o reparaciones.

El carril del puente grúa de las naves de pórticos está compuesto por vigas trianguladas formadas por dos perfiles en L, tanto en los cordones superiores e inferiores como en las triangulaciones y cartelas en las uniones, que también están unidas mediante roblones. La ménsula de apoyo de estas vigas está formada por perfiles y chapas roblonadas entre sí, aunque en vez de perfiles en L se han utilizado perfiles en C, y la unión de la ménsula al pilar se realiza en el ala lateral mediante tornillos. El carril del puente grúa de las naves de cerchas o cuchillos está formado por perfiles en doble T compuesto por dos perfiles

Figura 12
Pilares y sistema y puentes grúas de la nave de pórticos (Autores 2022)

Figura 13
Sistema del puente grúa de la nave de pórticos (Autores 2014)

Figura 14
Sistema de arriostramiento transversal formado por viga en celosía (Autores 2022)

angulares en cada ala, que van unidos por una chapa reforzada con perfiles en L, en el que todas las piezas van roblonadas. El apoyo de esta viga carril en el pilar se produce de la misma forma que en el caso de los pórticos, mediante ménsulas formadas por perfiles en C, chapas de forma triangular, roblonadas entre sí y unidas al pilar mediante tornillos. Los puentes grúa que se han conservado con su mecanismo de guiado están formados por vigas trianguladas en los que tanto los cordones inferior y superior como los elementos son perfiles en C (figuras 12 y 13).

El sistema de arriostramiento de las naves antiguas no se ha mantenido, excepto en alguna zona en concreto, como se puede ver en la figura 14, ya que ha sido sustituido por otro nuevo, acorde con los restos que se conservan, que tal y como se puede apreciar en las figuras 8 y 11, está compuesto por perfiles soldados UPE.

## Discusión y conclusiones

La tendencia por el mantenimiento del pasado industrial es bastante actual y los elementos objeto de proyectos de recuperación no han sido muy habituales hasta épocas más recientes. En este sentido y, como afirma (Calderón 2007), el modelo de desarrollo urbanístico de la segunda mitad del S. XX supuso la desaparición de numerosos emblemas del patrimonio industrial de nuestras ciudades, propiciado por la falta de conciencia y la inadecuada normativa, a lo que se sumó el valor estratégico de muchos de ellos y la falta de utilidad en la necesidad de equipamiento, como sí lo fueron edificios de otros usos, como por ejemplo iglesias y palacios.

En línea con (Calderón 2007), se puede afirmar que, en la ciudad de Valladolid, el patrimonio industrial existente es poco comparable con el de las grandes ciudades que protagonizaron la primera industrialización. El caso de estudio se reconoce en la categoría tanto del patrimonio preindustrial como del propiamente industrial vinculado al desarrollo productivo desde el siglo XVIII en adelante. Este patrimonio, por ser más escaso y menos relevante, no ha sido suficientemente atendido y su promoción dista mucho de ser reconocido como en otros casos.

Según escribe (Capel 1996) y ha podido confirmarse en esta investigación, los edificios industriales de la época son consecuencia de la evolución técnica, que se ve claramente condicionada por la disponibilidad de los materiales, a lo que se une también la normativa que les era de aplicación. Paralelamente, el estilismo arquitectónico fue otra de las características más destacadas, que en sus aspectos formales tuvo que combinarse con las exigencias que establecían

las diferentes industrias y sus necesidades de producción, lo que culminó en una tipología distinta para cada una de las explotaciones.

El estudio y análisis del complejo industrial «Talleres Gabilondo» ha permitido tener un mejor conocimiento de inmuebles de este tipo, configurándose hoy día como elementos destacados del paisaje urbano que forman parte de la trama de la ciudad, que poseen un gran valor patrimonial al ser herencia tanto del primer asentamiento industrial como del segundo, según ha podido ser documentado.

Tras la investigación realizada, se puede confirmar que el sistema de construcción de la estructura que se conserva es similar al que se puede encontrar en las estructuras de principios de siglo, con chapas y perfiles laminados unidos por roblones para formar secciones compuestas y ello, a pesar de que, en el artículo 4º del Decreto de 22 de julio de 1941 por el que se aprueba el reglamento sobre las restricciones del hierro en la edificación, de obligado cumplimiento para las obras oficial, se indica que se deberán sustituir los enlaces roblonados por los de soldadura eléctrica, y se limita el peso máximo de las estructuras de hierro (Decreto 1941). Si bien, en vista de lo ajustado de las secciones, sí que parece indicar que en los cálculos se tuvo en cuenta esas limitaciones en peso de la estructura a emplear. Posiblemente el diseño de la estructura responda también a las deficiencias de suministro para hacer las naves, ya que se aprecian soluciones que no son habituales en ellas, como, por ejemplo, el refuerzo de perfiles, en el que se emplean perfiles y chapas de dimensiones menores que el elemento del que forman parte. Así mismo, se observa que el diseño de las naves de pórticos ha seguido la imagen de una de las naves existentes en la primera localización (figura 1).

## Lista de referencias


Archivo Municipal de Valladolid (AMVA), C611-36

Archivo Municipal de Valladolid (AMVA), C616 -51

Archivo Municipal de Valladolid (AMVA), C 894

BOE, 1954. Boletín Oficial del Estado nº 22, año XIX. 22 enero de 1954. Información comercial española. Ministerio de Comercio. Enero 1954: 389-404.

Calderón Calderón, N. y H. Pascual Ruiz-Valdepeñas. 2007. El lugar del patrimonio industrial en los procesos de transformación urbana: de la ruina a la explotación de las reliquias fabriles en Valladolid. *Ería,* 72: 55-73.

Capel, H. (1996). La rehabilitación y el uso del patrimonio histórico industrial. *Documents d'Anàlisi Geogràfica,* 29: 19-50

Decreto 1941. Presidencia de Gobierno. España. 1941. Decreto de 11 de marzo de 1941 sobre restricciones en el uso del hierro en la edificación. Decreto de 22 de julio de 1941 por el que se aprueba el Reglamento sobre las restricciones del hierro en la edificación. Boletín Oficial del estado

El financiero hispano-americano: extraordinario «Valladolid», año 1911. Localización del documento: Biblioteca de Castilla y León. Signatura: g-43732

http://bibliotecadigital.jcyl.es/es/consulta/registro.cmd?id=2064

García Fernández, J. 1974. *Crecimiento y estructura urbana de Valladolid*. Valencia: Editor José Batlló

GIS Valladolid. Ayuntamiento de Valladolid. Planos históricos. Plano de 1967. Archivo y sig.:B.N. Sección Mapas y Planos. Sig. m. 14 v. Valladolid. Plano 1967.

https://www10.ava.es/cartografia/Historicos_pdf/1967%20Plano%20de%20Valladolid.pdf

Martínez Murillo, J.F. Tema 3.3.2. El proceso de industrialización. Asignatura: Geografía de España para historiadores. Apuntes no publicados. Acceso 23/04/22.

https://www.uma.es/media/tinyimages/file/Industrializacion.pdf

Ministerio de Industria y Comercio. *Momento actual de la industria en España 1942*. Dirección General de industria.

Pardo Abad, C. J. 2007. *El patrimonio industrial urbano de Madrid Urbano*, Universidad del Bío Bío, 10, (15): 53-63.

Virgili Blanquet, M. A. 1979. *Desarrollo Urbanístico y Arquitectónico de Valladolid (1851-1936)*. Valladolid: Servicio de Información y Publicaciones del Excmo. Ayuntamiento de Valladolid.

# Los pórticos parroquiales del románico hispano: construcción y ocaso de una tipología arquitectónica

José Arturo Salgado Pantoja

La extensa bibliografía sobre la arquitectura románica coincide al presentar los pórticos parroquiales como una de las más genuinas aportaciones hispánicas al referido estilo internacional. Según se hace notar en este texto, la mayoría de los ejemplos conocidos se localiza en la Extremadura castellana medieval, si bien existen casos aislados en otras áreas de la Península ibérica. Precisiones aparte, la cifra de testimonios que perduran con cierta integridad asciende a una ochentena, aunque si se toman en consideración otros vestigios, indicios menores o referencias documentales la nómina alcanza valores mucho más elevados. Esa prevalencia de lo fragmentario sobre lo completo, de lo extraviado sobre lo tangible, es la consecuencia más palmaria de las vicisitudes que sufrieron estas estructuras en su dilatada historia.

Dado el carácter poliédrico de tan singulares piezas, las siguientes páginas focalizan su interés en unos aspectos muy determinados. Tras unas breves, pero necesarias precisiones terminológicas, geográficas y cronológicas, se explican los detalles constructivos y ornamentales que caracterizan las galerías porticadas, haciendo posterior hincapié en su extraordinaria multifuncionalidad durante la Edad Media. Finalmente, se aborda la cara opuesta de la moneda, esto es, el proceso destructivo al que fueron sometidas desde los alrededores de 1500.

## Atrio, portada y pórtico

Es necesario, antes de nada, precisar a qué tipología se refiere este trabajo, pues existe una cierta confusión a la hora de emplear los términos «atrio», «portada» y «pórtico» tanto en el habla popular como en algunos libros de arquitectura e historia del arte. Esta apreciación podría conducir a un debate infructuoso de no ser porque la documentación de archivo, ya eclesiástica o civil, delimita con precisión esos elementos. (Bango 1975: 176; Martínez 2008: 198-204; Salgado 2014: 19-20). Según la información que aquella proporciona, podría concluirse que el atrio es un recinto murado, la portada un umbral de acceso y el pórtico una estructura de gran autonomía que media entre el primero y la segunda. Cierto es que este último a veces recibe los nombres de «galería porticada», «portal» o «portalejo», pero en ningún caso otros (figura 1).

Toda iglesia, desde los albores de la arquitectura cristiana, goza de unos bienes que se extienden allende sus muros. En el caso hispano, la disciplina canónica visigoda, recuperada en el siglo XI, exigía que los templos parroquiales fuesen consagrados por el obispo y que recibiesen una dotación para su sustento, incluyendo una posesión catastral denominada *terminum* o *dextrum* (García-Gallo 1950: 451-453). Esta tenía una extensión de entre treinta y ochenta y cuatro pasos *in circuitu ecclesiae* y, a pesar de no estar delimitada con ningún elemento físico, gozaba de

Figura 1.
Iglesia de Beleña de Sorbe, Guadalajara. Vista aérea del templo (fotografía del autor)

Figura 2
Iglesia de Sotosalbos, Segovia. Atrio, pórtico y templo (fotografía del autor)

la protección que le proporcionaba la inmunidad episcopal. En virtud de ella, las autoridades eclesiásticas podían intervenir para erradicar los abusos y crímenes que se cometiesen en esas tierras inalienables. A este respecto, el canon III del Concilio de Oviedo de 1115 dictaba que:

> Ninguno extraerá con violencia por calumnia a nadie en los setenta pasos alrededor de la iglesia, a no ser que sea un siervo indubitable o un ladrón público o un traidor convencido, o excomulgado públicamente, o monje o monja desertor, o al violador de la iglesia, a quien sin duda alguna esta no debe servir de amparo; y aquel que a impulsos del diablo extrajere violentamente alguna cosa de la iglesia o de sus pórticos hasta los doce pasos pagará el cuádruplo, y hará penitencia según los cánones, entrando monje de la orden de San Benito, haciéndose eremita todos los días de su vida, o constituyéndose siervo de la iglesia, a la que perjudicó, o se hará peregrino por todos los días de su vida (Tejada 1859-1963, 3: 240).

Sin entrar en precisiones, el único punto en común que podría observarse entre los atrios, portadas y pórticos parroquiales, al menos durante los siglos del románico, es que los tres se hallaban dentro del antedicho dextro o tierra patrimonial. Lejos de esa coincidencia poco relevante, la forma y funciones de cada uno de ellos era bien distinta. El atrio, como se dijo, era un espacio murado de entre doce y treinta pasos alrededor de la iglesia. De tal modo, cuando el canon ovetense explicitaba que la punición sería mayor si el delito tenía lugar «hasta los doce pasos», no estaba sino recordando que ese ámbito, el atrio, gozaba de un carácter especialmente sagrado e inviolable. Su gran proximidad al *Aula Dei*, unida a la generalización de su uso como camposanto, fueron sin duda los principales causantes de ese estatus aventajado (Aries 1984: 51; Bango 1992: 97).

La iglesia, elemento nuclear de la parroquia, tenía su entrada ubicada generalmente al sur. Esta portada, que no pórtico, formaba un umbral resuelto con un hueco abierto en el muro, casi siempre embellecido con relieves, que permitía la circulación entre la aldea y el templo; entre el ámbito de los mortales y el divino. Como era de recibo, ese paso de gran densidad simbólica motivó que desde tiempo inmemorial los santuarios se proveyesen de alguna pieza arquitectónica, más o menos distinguida, que moderase dicho tránsito. En el contexto del románico peninsular, entre los siglos XI y XIII, la estructura que cumplió ese cometido fue el pórtico o galería porticada, caracterizado por ser un brazo lateral o en codo, adyacente a la iglesia parroquial, que se abría mediante arquerías decoradas con capiteles y canecillos (figura 2).

## Dispersión geográfica y apunte cronológico

La mayor parte de los pórticos románicos se localizan en Castilla, aunque su dispersión geográfica no alcanza todos los rincones del antiguo reino, pues más del 80% del total se halla concentrado en la mitad oriental de la histórica Extremadura castellana: esto es, en las actuales provincias de Segovia, Soria y

Figura 3
Iglesia de Rebolledo de la Torre, Burgos. Inscripción en la ventana oeste del pórtico (fotografía del autor)

Guadalajara (Esteras, Gonzalo y Lorenzo 2009: 126-127). Tampoco debe tomarse a la ligera la existencia de ejemplos en Navarra o Aragón, pues a pesar de que hoy parezcan rarezas aisladas, quizá sean los únicos supervivientes de su especie en aquellos territorios. Esta posibilidad cobra cierto vigor ante un aspecto que será ampliado más tarde, y es que hay evidencias, en diversos puntos de la mitad norte española, que confirman que hubo pórticos hechos con «materiales pobres» de los que apenas ha quedado rastro.

Definidas y localizadas estas estructuras, queda por concretar el marco cronológico en el que fueron erigidas. No es esta tarea fácil, habida cuenta de que solo en tres se conservan inscripciones con una posible alusión a la data de construcción y el maestro de obras. La primera muestra, que se halla en la iglesia de San Miguel de la localidad soriana de San Esteban de Gormaz, señala «+IVLIA/NVS MA/GISTER/ FECIT/ ERA/ MC/ XV/ IIII». Dada la ubicación del epígrafe en un canecillo del pórtico, parece lógico pensar que el maestro Julián fue el artífice del conjunto en el tempranísimo año 1081 (Ortego 1957).

Ofrece otro ejemplo la ermita de Santa María de Tiermes [Soria], antigua iglesia de una desaparecida aldea del común de Caracena. Aquí la ubicación de la cartela resulta desconcertante, pues se encuentra recolocada en una hornacina del siglo XV. Reza el epígrafe «D(OMI)NIC(US) MARTIN(US) ME FECI(T) ERA/ Mª/ CC/ XX», o lo que es lo mismo «Domingo Martín me hizo en la era de 1220», esto es, en 1182 (De la Casa y Rodríguez 1990: 562). Finalmente, la tercera datación ocupa el ventanal occidental del pórtico de la iglesia de San Julián y Santa Basilisa de Rebolledo de la Torre, una pequeña localidad del noroeste burgalés. El largo texto explicita, tras una alusión a la repoblación de un lugar llamado Balego, que el maestro Juan de Piasca fue el encargado de hacer este portal en 1186 (Torres 1925: 321-322) (figura 3).

Cuando la epigrafía no ofrece una información sustancial, como es el caso, el encuadre cronológico debe ser afinado a través del análisis material y estilístico. Como recurso más básico se puede recurrir a la comparación física de los pórticos, es decir, a la detección de similitudes en la construcción o disposición de los elementos. Otro aspecto que brinda una información interesante es el repertorio escultórico, pues en ocasiones permite descubrir artífices comunes o afines: por ejemplo, la exactitud morfológica, temática y estilística de los capiteles del pórtico de Tiermes y los de San Pedro de Caracena, valida la datación del primero [1182] para ambos (Palomero 1990: 358-360). Asimismo, la copia vulgarizada del ornato de la fachada principal de la catedral de Sigüenza en varios pórticos del entorno, como los de Carabias, Saúca, Jodra del Pinar o Laranueva, permite suponer que estos fueron construidos poco después de la conclusión de aquella [c.1192-1200] (Salgado 2014: 278-282).

Este ejercicio podría extenderse a innumerables casos, alargando sobremanera esta explicación, así que, en aras de la necesaria concreción, se puede concluir que las fechas propuestas para los ejemplos anteriores, es decir, las décadas finales del siglo XII y las primeras del XIII, coinciden con el momento de mayor difusión de esta tipología arquitectónica en el ámbito castellano.

Figura 4
Iglesia de Carabias, Guadalajara. Pórtico acodado (fotografía del autor)

Figura 5
Iglesia de Pinarejos, Segovia. Pórtico de ladrillo con detalles en piedra (fotografía del autor)

## Rasgos materiales y constructivos

Centrando la atención en la faceta constructiva de los pórticos, es preciso subrayar que la mayoría evidencian una vocación monumental y perdurable. En efecto, pudiendo haberse elegido fórmulas más sencillas y económicas, en el oriente castellano se prefirieron las estructuras espaciosas a base de sillares calizos o areniscos bien trabajados y aparejados (Bango 1975: 98). Así pues, incluso cuando la fábrica del templo era de mampostería o tapial, los pórticos se ejecutaron comúnmente en piedra, con una mayor calidad y robustez.

Hubo ocasiones en las que se plantearon ejemplares extensísimos, paralelos a varios muros de la iglesia, como los de Andaluz [Soria], Orejana [Segovia] o Carabias [Guadalajara], entre otros. Estos pórticos acodados adquirieron un aspecto próximo al de las pandas claustrales, si bien la apertura de sus vanos hacia el cementerio y la aldea les confirió un significado distinto al de aquellas. En cualquier caso, el esfuerzo económico que sin duda supuso tal despliegue de medios materiales y técnicos no pudo ser el resultado de un mero capricho, sino el de un plan premeditado y ajustado a las necesidades de estas aldeas (figura 4).

Aunque casi todos los pórticos conocidos fueron construidos con sillería, no fue esta la única solución, sino solo la más robusta y duradera: de hecho, hay casos o indicios que demuestran el empleo de materiales más humildes. Los de Nieva y Pinarejos, en el occidente segoviano, o los de Orbita [Ávila] y Prádena del Rincón [Madrid], son algunos de los testimonios de ladrillo que han subsistido (figura 5). Tampoco faltaron los de tapial de mampostería, como el soriano de Paones, ni los de madera (Lorenzo, López y Santaolalla 2020). Finalmente, existieron fórmulas más elementales como las de Robledo de Sanabria [Zamora] o Campisábalos [Guadalajara], a modo de porches con columnas, tan fáciles de erigir como de desmontar.

La aparente sencillez compositiva de las galerías no estaba exenta de ciertos escollos estructurales, pues la estabilidad de la fábrica dependía del correcto equilibrio de las cargas verticales y empujes que ejercía la cubierta, especialmente sobre la pared donde se instalaba la arquería. Como es lógico, cuanto más ancho era el recinto, mayor era el desafío. De tal modo, el diseño equilibrado, la solución y atirantado de su techumbre, el grosor del muro y la adecuada distribución de los arcos resultaron fundamentales para asegurar la solidez del conjunto. Otro punto vulnerable eran las esquinas de los ejemplares acodados, pues el encuentro en ellas de las cubiertas provocaba unos empujes que debían ser contrarrestados con refuerzos especiales (Esteras, Gonzalo y Lorenzo 2009: 127-130).

Otro rasgo, en parte ya esbozado, es que existieron canteros especializados en la erección de estos recintos. Esta circunstancia se refleja en las grandes diferencias que se observan entre las iglesias y sus propios pórticos, ya materiales o decorativas, y ante

todo en el hecho de que los muros de estos no estén trabados con los de aquellas, sino adosados en una fase edificativa distinta, quizá consecutiva, pero casi en ningún caso idéntica. Es posible que Julián, Dominicus Martinus y Juan de Piasca tuviesen mucho que decir al respecto, pero de ellos solo restan las lacónicas inscripciones anteriormente transcritas.

El nexo entre los pórticos y las puertas del santuario, notorio desde la perspectiva etimológica, propició que la orientación de los primeros estuviese determinada por la ubicación de las segundas [que se abrían hacia el caserío], y no por factores climáticos o de otra naturaleza (Street 1865: 190; Contreras 1975: 18). Así pues, la frecuente instalación de los accesos de los templos románicos al sur motivó la proliferación de galerías meridionales o con desarrollo suroeste, aunque no faltaron casos situados al norte, cuando este era el lugar donde se hallaba la portada. El ingreso principal del pórtico solía estar individualizado y colocado frente al del santuario: de ese modo, se obtenía una mejor dialéctica entre ambos umbrales.

Algunos investigadores quisieron dar una explicación simbólica al número de vanos que componían los pórticos: Blas Taracena creyó hallar un «tipo originario» en los ejemplares de siete huecos (1931-1932: 411) y Juan Antonio Gaya quiso rastrear los orígenes de ese modelo en algunos dibujos de la miniatura altomedieval hispana ([1946] 2003: 14-15). Estas apreciaciones lograron una enorme aceptación, utilizándose durante décadas de una forma categórica, si bien hoy sabemos que la casuística en lo relativo al número de huecos es tan variada que solo podría responder a razones de lo más prosaico (Ruiz 2007: 75).

Debido a su íntima conexión con el templo parroquial, los pórticos ocupaban lugares estratégicos de la aldea o colación. A falta de casas del concejo, audiencias, u otros edificios cívicos, su figura se elevaba cual frente escénico en el centro del atrio, que no en vano funcionaba como una plaza donde los feligreses desarrollaban buena parte de su vida pública y reposaban eternamente. Esa posición entre lo sagrado y lo profano, unida a la naturalidad de los vecinos, fue determinante para que las galerías del románico alcanzasen su extraordinario carácter multifuncional y su incontestable éxito.

Por último, conviene recalcar que los promotores de estas obras se preocuparon de introducir en ellas un amplio repertorio de elementos esculpidos o pinturas murales. Estos dispositivos visuales eran observados por el variopinto público que acudía a estos recintos abiertos y pasaderos: parroquianos, forasteros e incluso neófitos y prófugos. De tal manera, los portales se erigieron en un espacio óptimo para instruir o amonestar a los mortales mediante unos repertorios plásticos comprensibles (Salgado 2015) (figura 6).

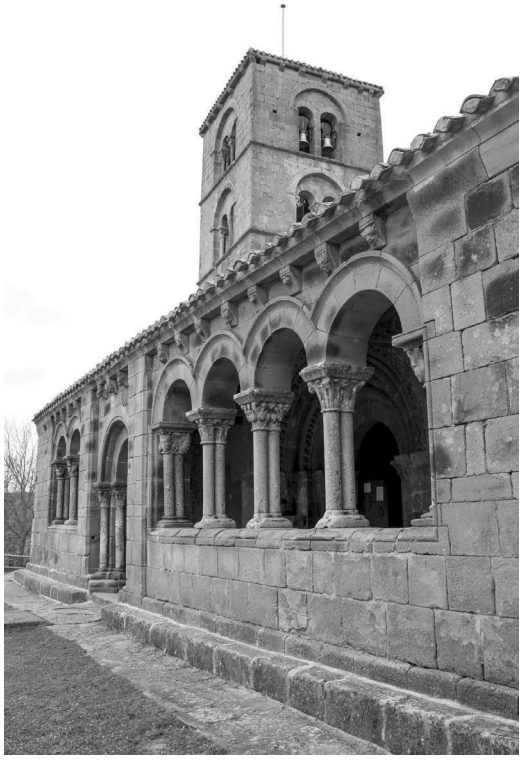


Figura 6
Iglesia de Jaramillo de la Fuente, Burgos. Detalle de la arquería del pórtico

## Una estructura multifuncional

La tipificación de los pórticos se vio favorecida por la ampliación y precisión de las funciones que debían cumplir. Por un lado, se mantuvieron los usos que habían congregado sus antecesores prerrománicos [protector, funerario y penitencial], pero se introdujeron

Figura 7
Iglesia de Berzosa, Soria. Interior del pórtico (fotografía del autor)

otras ceremonias y rituales asociados a la liturgia y la administración de los sacramentos. Además, desde época temprana concurrieron en ellos actividades profanas muy diversas, para alegría del pueblo y disgusto de las autoridades eclesiásticas. A pesar de las continuas puniciones expresadas en los sínodos, esa polivalencia se mantuvo durante la Baja Edad Media, reforzando así la personalidad y el enorme carisma de esta tipología arquitectónica (Bango 1975; Martínez 2008).

Como lugares de paso y antesalas del santuario, los atrios y pórticos dieron cobijo a las estaciones preliminares de las procesiones y a otros recorridos rituales que culminaban en la iglesia, previas invocaciones del sacerdote *ante portam ecclesiae* (Bango 1997: 68). Por idéntico motivo, resultaron igualmente apropiados para la integración o reinserción de los parroquianos, esto es, para la espera de aquellos que no formaban parte de la comunidad cristiana por su condición de catecúmenos o por estar cumpliendo alguna sanción penitencial. Unos y otros, como era menester, tenían prohibido el acceso al templo y debían escuchar la liturgia desde sus puertas.

Bajo los portales, los parroquianos podían cobijarse, charlar, descansar y solazarse, disfrutando además de la seguridad que les proporcionaba la inmunidad diocesana que allí operaba. Esta ventaja fue aprovechada de forma legítima por los feligreses, así como por viajeros y peregrinos, pero también dio pie a que algunos malhechores, fugitivos y gentes de dudosa reputación burlasen la justicia seglar, acogiéndose al portegado e incluso estableciendo allí su morada (figura 7).

Finalmente, se ha de reiterar el uso funerario de estas estructuras, que se vio favorecido por la prohibición del enterramiento intramuros. Se desarrollaron así los cementerios en el espacio del atrio, con sus tumbas organizadas según la categoría social del interfecto: los privilegiados reposaban de forma preferencial ante la puerta, bajo el pórtico, tal y como habían hecho desde antiguo los abades o reyes en los monasterios y catedrales (Bango 1992: 97).

Queda patente que los pórticos se convirtieron en escenarios para el servicio espiritual de los feligreses, pero tanto estos como los demás individuos que

Figura 8
Iglesia de San Pedro de Caracena, Soria. Vista del templo porticado (fotografía del autor)

Figura 9
Iglesia de Perorrubio, Segovia. Tableros de juego grabados en el pórtico

traspasaron sus arcos los elevaron más allá de su primitiva vocación. La potestad eclesiástica sobre el templo y su dextro era incontestable, pero la disposición de la puerta entre ambos jugó un papel más importante del esperado. De tal modo, mientras que la sacralidad del santuario nunca fue puesta en entredicho, la del pórtico y el atrio estuvo condicionada por el matiz nada desdeñable de que ambos se hallaban al otro lado del umbral, abiertos a la aldea. Esa aparente inclinación hacia lo humano y terrenal provocó un efecto de atracción para un sinfín de actividades mundanas que no tardaron en causar el estupor de las altas jerarquías diocesanas (figura 8).

De poco sirvieron las condenas, al menos durante los primeros tiempos, pues el dextro dejó de ser un ámbito exclusivo al servicio de la praxis cristiana para agregar otras funciones surgidas gracias al carácter espontáneo y transgresor de los parroquianos. La más conocida fue la celebración de las asambleas del concejo, que eran convocadas desde la propia torre o espadaña «a campana repicada». Como si de un oficio sagrado se tratase, los representantes municipales se congregaban bajo el portegado y discutían sobre los asuntos de la aldea o las desavenencias vecinales. Esta práctica hizo que los obispos pusieran el grito en el cielo, máxime cuando comprobaron que estas reuniones a menudo devenían en algarabías, insultos y peleas armadas que perturbaban la paz del templo (Salgado 2013).

Tampoco hay duda del uso lúdico de estos espacios. Entre los juegos más usuales que allí se practicaban había algunos de puntería, como el lanzamiento de tejo y las ballestas, que a veces causaban heridos o muertos, y otros como la pelota o los dados, naipes y tablas, que en no pocas ocasiones acarreaban apuestas económicas. Una mirada detenida a los paramentos de los pórticos enseguida revela indicios de aquel ocio aldeano en forma de grafitos y tableros de ajedrez o alquerque como los de las iglesias segovianas de Fuentidueña y Perorrubio (Barrera 2015) (figura 9).

Finalmente, subsisten testimonios de la utilización de los atrios y pórticos como lonjas y mercados de carne u otros comestibles. Esta práctica, que resultaba común los domingos y festivos, también fue vista con recelo por las autoridades diocesanas, ya que provocaban ruidos insoportables y malos olores que penetraban en el interior de las iglesias. El gentío allí congregado fomentaba además la práctica de la usura y la atracción de todo tipo de espectáculos poco decorosos que fueron también condenados de manera reiterada.

## Epílogo: la muerte de una tipología

La situación experimentó un giro radical desde finales del siglo XV, cuando la mayoría de las citadas funciones sufrieron un paulatino alejamiento del entorno eclesial. Por un lado, las villas y aldeas comenzaron a elevar sus casas del concejo, destinadas a la

Figura 10
Iglesia de Languilla, Segovia. Pórtico tabicado y desfigurado (fotografía del autor)

Figura 11
Iglesia de San Bartolomé de Atienza, Guadalajara. Pórtico seccionado por la capilla barroca del Santo Cristo (fotografía del autor)

celebración de las asambleas populares o a los asuntos de justicia de paz, merced a la orden decretada por los Reyes Católicos en las Cortes de Toledo de 1480, ratificada más tarde en las Cortes de Sevilla de 1500 (Boletín Oficial del Estado, vol. 3: 280-281).

Las actividades comerciales y de esparcimiento poco a poco se fueron trasladando a unos lugares más apropiados, lejos del dextro eclesial, ya fuesen tafurerías, mercados o las propias plazas municipales. De igual modo, el catecumenado y las penitencias dejaron de ser públicas, mientras que las procesiones ampliaron sus recorridos por el caserío o hacia las numerosas ermitas de nueva construcción.

Más longeva fue la costumbre de enterrar en el entorno de las iglesias, pues en ciertas poblaciones se mantuvo vigente hasta bien entrado el siglo XIX. No obstante, el inicio de su decadencia se produjo tras la promulgación de la Real Cédula de 3 de abril de 1787, por la cual se obligaba a construir los camposantos en lugares no ofensivos para la salud (Boletín Oficial del Estado, vol. 6: 3-4). Con la imposición de este nuevo escenario, los restos de los antepasados quedaron separados del templo aldeano, y la célula parroquial de origen medieval, que entendía la comunidad como la suma de los vivos y los muertos, perdió gran parte de su esencia.

El despojo de esas primitivas funciones propició que los pórticos se convirtieran en estructuras fútiles y molestas, puesto que el coste que suponía su mantenimiento ya no revertía en el provecho y bienestar de los feligreses. Sus muros pronto sufrieron los efectos de la desidia e incluso de la tendencia destructiva que comenzó a manifestarse en el quinientos. A menudo, la ampliación y mejora de muchas iglesias se hizo aprovechando el espacio de las viejas galerías, que quedaron transformadas en naves laterales, graneros, osarios, almacenes, sacristías, escuelas o casas parroquiales (figura 10). En otros casos se decidió su completa demolición para así aprovechar sus sillares en otras obras.

Muchas de estas transformaciones han quedado reflejadas en los libros parroquiales de fábrica y en los informes de obras custodiados en las sedes diocesanas. Sirvan como ejemplo las cuentas del año 1785 de la iglesia de Barca [Soria], donde se constata un descargo de 399,5 reales correspondiente a «la extensión y añadiencia que a dicho granero se le ha dado del pórtico viejo de la iglesia, cerrando sus arcos de

Figura 12
Iglesia de Andaluz, Soria. El pórtico tras la restauración del siglo XX (fotografía del autor)

buena mampostería y terraplenando la parte de dicho pórtico» (AHDOS, Barca, ref. 64/21, 1785). No menos elocuente es el pliego de condiciones para construir em 1692 la capilla del Santo Cristo en la iglesia de San Bartolomé de Atienza, pues en él se precisa que «se a de demoler a apiar lo que coje la capilla en el alçado que tiene oi el portico de dicha iglesia y el maestro se a de aprovechar de los materiales como piedra, madera y texa» (AHDS, Sección civil, ref. 1692-05-01.4) (figura 11).

Ese proceso generalizado provocó la desaparición de un incalculable número de casos entre los siglos XVI y XIX, así que los pórticos conservados en la actualidad no son más que el resto mínimo de un gran naufragio. Algunos supervivientes, como los de Alcuneza y Yela [Guadalajara] o el de El Casuar [Segovia] perecieron después de 1900 por diversos motivos. Otros como los de Requijada [Segovia], Carabias [Guadalajara] y Andaluz [Soria] tuvieron mayor fortuna, pues a pesar de llegar muy maltratados a la pasada centuria fueron convenientemente intervenidos y recuperados (figura 12). Esta tendencia se ha perpetuado en las últimas décadas, durante las cuales se han liberado de tabiques y postizos a un buen puñado de ejemplares.

## Conclusiones

Quienes contemplan por primera vez un pórtico románico quedan asombrados ante su estampa prominente y recia señoreando caseríos casi marchitos. En la Extremadura castellana, donde abundan, se prestó un especial esmero a su construcción y ornamentación, aunque a lo largo del estudio se ha apuntado que la expansión de esta tipología pudo alcanzar otros muchos puntos de la Península ibérica, si bien quizá con unas materializaciones más humildes que las castellanas.

Una de las circunstancias que determinaron el carisma de estos recintos fue su extraordinaria multifuncionalidad; esto es, su capacidad para asociar en un mismo ámbito unos usos religiosos, regulados y defendidos por la Iglesia, con otros más mundanos que surgieron de las necesidades y la espontaneidad de la feligresía. Su carácter abierto y protegido, ante las puertas del santuario, favorecieron sin duda esa concurrencia de individuos y cometidos.

Mientras se mantuvo esta fascinante mixtura de usos, los pórticos gozaron de una espléndida salud, pero cuando las circunstancias comenzaron a cambiar, a partir de finales del siglo XV, el interés por su mantenimiento se redujo de forma drástica. Se produjo así un lento pero imparable proceso caracterizado por la desidia y destrucción que se mantuvo hasta tiempos muy recientes. Con este breve estudio se ha querido poner de manifiesto que el éxito constructivo de los pórticos parroquiales románicos entre los siglos XI y XIII fue tal fulgurante como su decadencia durante la Edad Moderna.

## Lista de referencias


Archivo Histórico Diocesano de El Burgo de Osma (AHDOS).

Archivo Histórico Diocesano de Sigüenza (AHDS).

Aries, Phillipe. 1984. *El hombre ante la muerte*. Madrid: Taurus.

Bango, Isidro Gonzalo. 1975. Atrio y pórtico en el románico español. *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología*, 40-41: 175-188.

Bango, Isidro Gonzalo. 1992. El espacio para enterramientos privilegiados en la arquitectura medieval española. *Anuario del Departamento de Historia y Teoría del Arte* 4: 93-132.

Bango, Isidro Gonzalo. 1997. La vieja liturgia hispana y la interpretación funcional del templo prerrománico. En *VII Semana de Estudios Medievales*, 61-120. Logroño: Instituto de Estudios Riojanos.

Barrera, Ana. 2015. El pórtico románico castellano como espacio de ocio: tableros de juego medievales grabados en piedra. *ArtyHum*, 10: 28-34.

Boletín Oficial del Estado. 1993. *Novísima recopilación de las leyes de España mandada formar por el señor Don Carlos IV*, 6 vols. Madrid: Gabinete Jurídico del Boletín Oficial del Estado.

Contreras, Juan de. 1975. *El románico segoviano*. Segovia: Caja de Ahorros y Monte de Piedad.

De la Casa, Carlos y Rodríguez, Jesús Víctor. 1990. Cartelas medievales en Tiermes (Soria). En *El románico el Silos: IX Centenario de la consagración de la iglesia y claustro*, 559-562. Santo Domingo de Silos: Abadía de Silos.

Esteras, Jose Ángel, Gonzalo, César y Lorenzo, Josemi. 2009. Claustros y galerías porticadas en el románico de Soria. En *Soria: Paisaje interior*, 125-162. Soria: Las Edades del Hombre.

Gaya, Juan Antonio. [1946] 2003. *El románico en la provincia de Soria*. Madrid: Centro de Estudios Sorianos.

García-Gallo, Antonio. 1950. El Concilio de Coyanza: contribución al estudio del Derecho Canónico español en la Alta Edad Media. *Anuario de Historia del Derecho Español*, 20: 275-633.

Lorenzo, Josemi, López, Laura y Santaolalla, Inés. (2020). La Iglesia de San Pedro de Paones, Soria: otra 'nueva' galería porticada románica, y evolución constructiva. *Biblioteca: estudio e investigación*, 35: 55-90.

Martínez, Artemio Manuel. 2008. El 'Pórtico románico': origen y funcionalidad de un espacio arquitectónico intermedio de la edilicia medieval hispana (*atrium/porticus/vestibulum*). En *Espacios y estructuras singulares del edificio románico*, 191-227. Aguilar de Campoo: Fundación Santa María la Real.

Ortego, Teógenes. 1957. El románico de San Esteban de Gormaz: una fecha y dos artífices desconocidos. *Celtiberia*, 17: 127-132.

Palomero, Félix. 1990. Breves apuntes sobre la escultura monumental de San Pedro de Caracena (Soria). Relaciones con otros monumentos y Escuela Silense. *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología*, 56: 351-363.

Ruiz, José Antonio. 2007. El románico en Segovia. En *Enciclopedia del Románico en Castilla y León: Segovia, vol. 1*, 49-88. Aguilar de Campoo: Fundación Santa María la Real.

Salgado, José Arturo. 2013. El pórtico románico: una estructura eclesial para el ejercicio del poder. En *Las artes y la arquitectura del poder*, 711-724. Castellón de la Plana: Universitat Jaume I.

Salgado, José Arturo. 2014. *Pórticos románicos en las tierras de Castilla*. Aguilar de Campoo: Fundación Santa María la Real.

Salgado, José Arturo. 2015. Imágenes *ante portas*: repertorios figurativos en las galerías porticadas castellanas. En *La imagen en el edificio románico: espacios y discursos visuales*, 85-121. Aguilar de Campoo: Fundación Santa María la Real.

Street, George Edmund. 1865. *Some account of Gothic architecture in Spain*. Londres: John Murray, 1865.

Tejada, Juan. 1859-1863. *Colección de cánones de la Iglesia de España y América*, 7 vols. Madrid: Imprenta P. Montero.

Torres, Leopoldo. 1925. Un maestro inédito del siglo XII. *Archivo Español de Arte y Arqueología*, 1: 321-322.

# El concreto al vacío en México: El conjunto urbano Peñón San Juan de Aragón

Mónica Silva Contreras

La carestía de vivienda en contextos urbanos durante el siglo XX fue un malestar internacional permanente marcado en buena medida por las guerras, pero también debido a los procesos migratorios de grandes cantidades de población del campo a las ciudades. Numerosas publicaciones reseñaron la situación en diversos contextos, así como los esfuerzos de diversas entidades para la construcción de grandes conjuntos de viviendas con servicios básicos. Por otra parte, la búsqueda de materiales y sistemas para la construcción rápida y barata de los mismos implicó la propuesta de diversos formatos de prefabricación en talleres o en sitio según las condiciones de cada contexto económico y social. Esa escasez de vivienda fue, como para muchos constructores, el punto en la mira del ingeniero Karl P. Billner, quien abordó desde 1935 no sólo el concreto al vacío sino, sobre todo, los equipos necesarios para el manejo de piezas prefabricadas con el material.[1.]

## La situación en México hacia 1960

Destacan en la arquitectura mexicana del siglo XX importantes casos de planificación y realización de proyectos de vivienda para trabajadores. Desde mediados de la centuria se construyeron grandes conjuntos urbanos de edificios de departamentos, con servicios complementarios como instalaciones deportivas, escuelas, centros de atención médica y comercio básico. Ejemplos como el Conjunto Urbano Presidente Alemán a partir de 1947 o el Conjunto Urbano Presidente Juárez, según proyectos liderados por Mario Pani, fueron referencia en los años siguientes. Paralelament fueron probados diversos esquemas para financiamiento y disposición de terrenos con el auspicio de instituciones de seguridad social y entidades financieras especialmente dedicadas a estos fines.

En cuanto a construcción, debe destacarse que el concreto armado se había comenzado a experimentar en el país a partir de los primeros años del siglo XX. De hecho, se trató del material más utilizado, con mano de obra capacitada en la elaboración de moldes, colado y desmolde de las estructuras.

En este contexto ocurrió en 1964 la construcción del Conjunto Urano Peñón de San Juan de Aragón CUPSJA, según proyecto de los arquitectos Héctor Velázquez, Enrique Cervantes y Vicente Medel, empleando los procesos de concreto al vacío patentados por Billner a partir de 1936 para la construcción de viviendas unifamiliares en un nivel.

## El concreto al vacío aplicado a la vivienda

El principio del concreto al vacío fue descrito en un manual británico de 1919, donde es referido como

reciente producción francesa, desarrollado tanto en Europa como en América, indicando que es «una aplicación o tratamiento especial del concreto ordinario, mediante el cual el exceso de humedad y de aire son rápidamente extraídos por succión, para contribuir con el endurecimiento del concreto» (Peatfield 1919, 211). El concreto era vibrado con medios eléctricos o mecánicos, se extraía el agua de la mezcla mediante tubos conectados a una bomba de vacío durante unos 15 minutos, pasados los cuales las piezas podían retirarse de los moldes. Según lo descrito, en pocas horas se lograba una dureza mayor que la alcanzada en varios días con métodos convencionales con el ahorro debido a la rápida liberación de los moldes para su reutilización.

Desde finales de 1935 diversas reseñas citaban a Duff Abrams, profesor en el C.S. Lewis Institute de Chicago, y a Theodore Crane, profesor en Yale University, para afirmar que el concreto al vacío alcanzaba resistencias 53% a 81% mayores que el convencional. El incremento en la densidad del material reducía la posibilidad de cuarteaduras y resquebrajamientos, ofreciendo ventajas en cuanto al acabado de las superficies (American *Architect* 1936; *Architectural Record* 1936a). Aun cuando Karl P. Billner no era el inventor intelectual del *vacuum concrete*, había perfeccionado los equipos necesarios para poner en práctica la técnica en pavimentos, muros para presas, así como componentes para la construcción de edificios.

El «Método y aparato para el tratamiento del concreto», patentado por Billner en 1936, permitía que el concreto secara *rápidamente* mediante vacío y que esto produjera un aumento sustancial de su resistencia: «Con la disminución del volumen, ocurriría cambio en la textura y una reducción importante en la formación de grietas» (Billner 1936). El invento estaba destinado principalmente a colados horizontales, pero podía «emplearse para el tratamiento de formas de concreto destinadas a otros fines, tales como muros verticales, columnas y tuberías» (Billner 1936). Este primer aparato de vacío resultó ser el equipo básico para que Billner construyera muros de presas, el tablero del Queensboro Bridge en Nueva York, pisos para edificios, y luego para la prefabricación de componentes constructivos en sitio.

En septiembre de 1936 *Architectural Record* reseñaba la construcción de una pared hueca, de poco más de 76cm de alto y poco más de 12m de largo, empleando un molde hecho con papel de estraza atado a la parte superior e inferior de postes internos de madera cada medio metro. Los marcos de ventanas y puertas se colocaron en su lugar antes del colado. Con la presión del concreto líquido el molde se deformó entre los postes cerca de 2.5cm, sin tiempo para más debido al proceso de vacío para extraer el exceso de agua. Cada molde se quitaba menos de media hora después de aplicar el vacío desde la parte superior de la pared, con lo cual rápidamente se podía armar uno nuevo (*Architectural Record* 1936b).

Más adelante, en junio de 1937, la misma revista reseñaba la «primera aplicación comercial» del proceso con la construcción de paredes coladas en vertical con moldes de madera contrachapada y papel. La secuencia fotográfica mostraba los moldes con el refuerzo de malla de alambre y los aparatos de vacío a lo largo de un muro. La última imagen muestra la estructura de una casa terminada con paredes huecas de 3” con 5” entre ellas, es decir, 1.62cm con 12.7 de aire entre ellas. Las bases para la construcción de viviendas de bajo costo se consolidaban desde las primeras experiencias con el sistema (*Architectural Record* 1937).

El diseño de otros artefactos para la realización de obras en concreto al vacío se dirigió hacia la resolución de problemas fundamentales en prefabricación, con mejoras a los moldes y armaduras para mover piezas precoladas. Esto permitió hacerlo más eficiente, perfeccionar la calidad del material y de sus acabados. Gracias al diseño de aparatos para el manejo de las piezas, Charles C. Zollman, pionero del concreto prestresado en los Estados Unidos, incluyó a Billner entre quienes hicieron aportes cruciales a la prefabricación. Destaca en especial el «levantador por vacío», o *vacuum lifter*, que distribuía las tensiones uniformemente y suprimía la necesidad de pernos de anclaje y de refuerzos especiales y así evitaba el agrietamiento del concreto (Zollman 1981, 313-314). Una versión más sencilla del artefacto fue el «octopus», patentado en 1962 y empleado en la construcción en el CUPSJA (Billner 1962).

La velocidad de fraguado era la principal ventaja del concreto al vacío, destacada por Billner tanto para la construcción de casas como para la construcción de refugios en el contexto de la Segunda Guerra Mundial (*El mundo* 1939; *Life* 1941), pero sin el diseño de los equipos para el manejo de las piezas, no hubiera sido posible la prefabricación seriada de componentes constructivos. Cuando el sistema llegó

a México, toda la parafernalia había alcanzado un punto de eficiencia considerable.

## Transferencia técnica a Latinoamérica

La carencia crítica de viviendas en condiciones urbanas y sanitarias adecuadas en Latinoamérica se agravaba a pesar de los esfuerzos institucionales en la región, tanto para el desarrollo de sistemas administrativos y de financiamiento, como de técnicas de construcción adecuadas al escaso desarrollo industrial y a la abundante mano de obra disponible. Con propuestas técnicas a cargo de Wallace Harrison, la IBEC Housing Corporation construyó viviendas en América Latina y en otros lugares del mundo. Su sistema de construcción rápida en concreto armado consistía en el moldeo de la casa entera, como puede apreciarse en las imágenes de obras en Norfolk, Virginia (*Life* 1949) y en Villas Las Lomas, San Juan, Puerto Rico (*Architectural Record* 1956).

El entusiasmo de Billner para trabajar en diversos escenarios lo vinculó en 1949, a través de Louis Kahn, con la IBEC Housing Corporation, parte de la International Basic Economy Corporation fundada por Nelson A. Rockefeller en 1947 (Gargiani 2014, 14). Juntos desarrollaron una propuesta de construcción de refugios temporales cuya forma abovedada corresponde con los refugios a prueba de bombas propuestos por el ingeniero en 1939, pero en este caso la construcción se plantearía con segmentos de bóvedas prefabricadas (Gargiani 2014, 22). Un boceto de Kahn con los componentes apilados puede asociarse a la imagen de las bóvedas producidas con el colombiano Álvaro Ortega en Bogotá para casas de bajo costo.[2] La fecha de esta propuesta con Kahn corresponde con una de las patentes para la mejora de los moldes.

Fue en ese panorama donde se generaron sinergias importantes entre técnicos de los países miembros de la OEA, con los Estados Unidos como benefactor, como la fundación del Centro Interamericano de Vivienda (CINVA) en 1951.[3] La institución con sede en Bogotá marcó un exitoso tiempo de desarrollo e intercambio de conocimientos y prácticas constructivas con la asesoría de especialistas nacionales y extranjeros como Francis Violich, Howard T. Fisher, promotor de la prefabricación para vivienda desde su empresa General Houses Inc. House a partir de su famosa casa en la Chicago World's Fair de 1933. Buena parte del acercamiento entre quienes trabajaron en el CINVA pudo iniciarse en las universidades estadounidenses donde habían coincidido como, por ejemplo, en Harvard Leonard Currie, Fischer y Álvaro Ortega.

La conexión de Ortega con el concreto al vacío pudo originarse a partir de la participación en 1947 junto a sus socios Jorge Gaitán Cortés y Gabriel Solano en el concurso de vivienda económica para empleados y que influyó en el planteamiento del barrio Los Alcázares en 1949. En cualquier caso, entre las primeras experiencias conocidas en Latinoamérica con el sistema están las casas realizadas por Ortega, con Solano y cálculo de Guillermo González Zuleta, en el barrio Muzú de Bogotá (*Proa* 1951). Para su construcción se colaron los muros en horizontal y luego se alzaron para su colocación.

Un anuncio comercial, en la misma publicación que reportaba la construcción de esas casas, señalaba la aplicación de las patentes *Billner Vacuum Concrete* en la producción seriada de viviendas, la pavimentación en concreto de aceras o aeropuertos, la construcción de represas y canales y en general la prefabricación en concreto. Entre las ventajas del material señalaba la economía de cemento logrando mayor resistencia, la reducción de costos por formaletas en un 90%, la facilidad de dar cualquier tipo de acabado a la superficie, así como su alta calidad e impermeabilidad (Proa 1951). El anuncio incluye la imagen de una cubierta abovedada izada con un *vacuum lifter* en Bogotá durante diciembre de 1950. Esas bóvedas precoladas en sitio para las casas del barrio Urdaneta Arbeláez, hoy Quiroga, fueron una notable experiencia, tanto para Ortega como para Billner (Galindo 2019, 157-159). Sobre estas experiencias en Colombia el ingeniero plantearía en 1953 «Es mucho más económico prefabricar edificios que armar encofrados, rellenarlos y derribarlos» y describía las paredes prefabricadas horizontalmente con refuerzos de 3/16 x 12/12 pulgadas que recibieron techos curvos con refuerzo de malla (Billner en Slate, Acton y Chinamora 1974, 29).[4] Mientras, Billner construía viviendas con sus componentes prefabricados en Egipto (*Architect and Engineer* 1950, 46-47).

A pesar de lo exitoso que podía ser el concreto al vacío en Colombia, la empresa de Ortega fracasó. El material quedaba fuera del debate sobre el uso de técnicas tradicionales o de ayuda a la autoconstrucción, así como entre la planificación de viviendas

unifamiliares en conjuntos de baja densidad ante las propuestas de bloques de departamentos con mayor altura. A partir de 1959 Ortega fue miembro de la Misión de Naciones Unidas sobre estandarización de materiales de construcción en Centroamérica y entre 1960 y 1964 como asesor en temas de habitabilidad para la Organización de las Naciones Unidas, ONU y la Comisión Económica para América Latina CEPAL (Galindo 2019, 161-162). Ahí estarían los lazos que llevaron estas experiencias de los años cincuenta a México durante la década siguiente.

## Vínculos para la llegada del concreto al vacío a la Ciudad de México

Aunque las instituciones locales en cada país habían abordado el tema, el ritmo de crecimiento de la población urbana a raíz de los procesos migratorios del campo a las ciudades no daba tregua y exigía grandes esfuerzos a los gobiernos latinoamericanos. De ahí que, más que planes a mediano plazo para desarrollar técnicas de construcción adecuadas a las condiciones de mano de obra y materiales en cada localidad, la urgencia llevó a acciones decisivas de apoyo económico.[5]

La amenaza expansiva soviética a partir de la Revolución Cubana en 1959 reimpulsó el apoyo económico y técnico estadounidense convirtiendo a la vivienda en prioridad de la agenda. México, a pesar de haber avanzado en el desarrollo de grandes conjuntos urbanos, debió ser prioridad en la mira del gobierno estadounidense, pues fue el único país de la OEA que no rompió relaciones diplomáticas con Cuba a raíz de su expulsión de la Organización. En ese marco lanzó J.F.Kennedy en 1961 la Alianza para el Progreso. Para lograr sus objetivos, la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo USAID, estableció acuerdos con agencias federales, organizaciones laborales y corporaciones privadas como, por ejemplo, la ya mencionada IBEC Housing Corporation.[6]

La visita del presidente Kennedy a la Ciudad de México en junio de 1962 incluyó recorridos por la Unidad Habitacional Independencia y la dedicatoria con su nombre de un conjunto urbano en obras, iniciado en 1961, con 94 edificios y 3.104 departamentos, proyectado en el despacho de Mario Pani. Poco antes de la histórica visita, en abril de 1962, el arquitecto se encontraba en un evento en Nueva York, patrocinado por el Chase Manhattan Bank con Nelson Rockefeller como principal promotor. En el encuentro, con representantes de Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, Chile, Ecuador, Honduras, Perú y Venezuela, Pani ofreció detalles relativos a la escala de los asentamientos urbanos de interés social, el número y tipología de viviendas realizadas en México. A pesar del escaso énfasis en los aspectos técnico-constructivos, planteó la necesidad por el intercambio de conocimientos, bajo la premisa «Si bien las mejoras técnicas no pueden resolver por sí solas el problema, sí los recursos naturales y financieros pueden ser mejor utilizados de acuerdo con las técnicas contemporáneas, cuyo intercambio y difusión en América debe ser una de nuestras preocupaciones fundamentales» (*Arquitectura México* 1962, 91). No hay constancia de la asistencia de Ortega a este evento, pero tal vez ahí estaba y eso marcaría el camino para la llegada del concreto al vacío a México.

## Ciudades al borde de la Ciudad de México

Como se ha mencionado, Pani abanderaba las propuestas de vivienda en grandes edificios multifamiliares. El mayor de éstos, el Conjunto Urbano Presidente López Mateos en Nonoalco-Tlatelolco, con cerca de 12.000 departamentos para 80.000 habitantes iniciales, propuesto desde 1958, construido a partir de 1961 e inaugurado en 1964. Pero en México se abordaba también la construcción de baja densidad con casas unifamiliares, entre los cuales se insertó el CUPSJA, para un total de 120.000 habitantes (*Calli* 1965, 11). De siete unidades vecinales, a inicios de 1964 se habían construido tres y con ellas la extensión del conjunto al borde de la Ciudad de México era notable.

Un anuncio en *Arquitectura México* 83, en septiembre de 1963, contiene la imagen de «un techo de 64m$^2$ y 15 ton de peso para casa prefabricada». Ilustraba los «procesos Vacuum Concrete» que promocionaba PRINSA Promociones y Representaciones de Ingeniería, filial de ORDIC Organización de Ingeniería Civil. Esta empresa fue la responsable de la edición del álbum titulado *Prefabricación de viviendas de interés social*, fechado en 1964, contenedor de catorce fotografías impresas en papel brillante con breves notas detrás de cada una describiendo las escenas de la construcción (ORDIC 1964). Un par de años más tarde vio la luz el poco conocido libro de Ricardo Lasso, *Estructuras modernas de concreto presforzado*, con

imágenes similares y descripciones más detalladas del proceso de precolado de los componentes de las 970 viviendas construidas con el sistema (Lasso 1966).

La construcción de las casas en concreto al vacío implicó la disposición de una planta de producción al norte de la zona deportiva poniente del CUPSJA, consistente en cuatro pistas de trabajo con 27 mesas para precolado, una para cada tipo de muro, entrepiso o techo (figura 1). A su vez, cada una de las mesas constaba de doce camas de precolado idénticas entre sí, mediante lo cual se alcanzaba la producción de doce casas diarias (figura 2). Previamente se habían tendido las instalaciones de vacío y de agua a presión, para la limpieza de los equipos y de las pistas.

Figura 1
Vista de las pistas de colado y de una grúa colocando en un tráiler uno de los paneles prefabricados (ORDIC 1964, s.n.)

Figura 2
Detalle de una de las pistas con el colado simultáneo del mismo tipo de paneles (ORDIC 1964, s.n.)

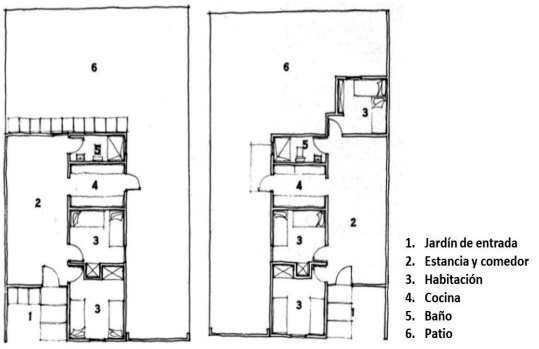



Figura 3
Plantas de las casas de dos y tres habitaciones (Calli 1965, 14)

Las casas tenían 10m de frente, tres de los cuales quedaban libres a un lado para ofrecer la posibilidad de alojar un vehículo y facilitar el paso a un patio posterior, el cual permitiría el crecimiento de la casa y la posibilidad de establecer un taller familiar con acceso independiente (figura 3). La consideración de crecimiento venía acompañada de una más a la estética del conjunto: «Las casas de 2 y 3 recámaras, en la planta, tienen la posibilidad de crecer a cuatro recámaras. Para evitar en lo posible la monotonía, se proyectó un remetimiento que permitiera un espacio ajardinado al frente» (*Calli* 1965, 14).

Se efectuaban dos colados diarios en cada una de las seis mesas en turno cada semana. El cimiento de cada casa era una losa corrida sobre una plantilla consolidada de grava cementada. Las planchas de cimentación podían llevar ranuras para sentar los muros a nivel o anclas para soldar los muros, que también tenían estos elementos de conexión.

El refuerzo del concreto, tanto para los muros como para los techos, constaba de malla de alta resistencia en el plano medio de su espesor, con adición de varillas para absorber los momentos negativos. Antes colar, se recortaba la malla para alojar ventanas y puertas y se fijaban las anclas de amarre para unir los muros entre sí, así como con el techo y con el cimiento (figura 4). También se instalaban las tuberías para los cables de la instalación eléctrica y el sistema hidráulico.

El concreto colado a mano se vibraba e inmediatamente se hacía el tratamiento de vacío para luego pu-

Figura 4
Colado manual de una pared, con armado de malla, marco para una ventana y anclas para soldarla al techo (ORDIC 1964, s.n.)

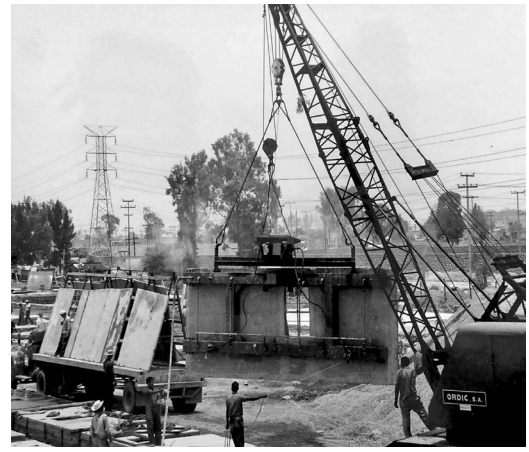



Figura 6
Izado de muros precolados con el levantador por vacío, vacuum lifter u «octopus» (ORDIC 1964, s.n.)

lirlo. Las almohadillas de vacío se transportaban en marcos móviles y se instalaban sobre la losa vaciada (figura 5). Estas almohadillas o planchas con cámara de vacío, tenían filtros (de tela y metálicos) para que la succión producida por la bomba de vacío se distribuyera uniformemente en la superficie de la almohadilla sin arrastrar la mezcla de cemento. Las salidas de la cara superior de la almohadilla se conectaban al múltiple de vacío y en unos 10 minutos quedaba el concreto en estado semisólido.

Los muros y los techos se apilaban uno sobre otro hasta formar tongas de diez piezas. Para llevarlas a su lugar, una grúa con un levantador de vacío basculante (el denominado «octopus»), elevaba cada pieza, que mediante el dispositivo basculante pasaba de posición horizontal a vertical y la colocaba sobre la plataforma de un tráiler (figuras 2 y 6).

Una vez ubicada la pieza sobre la losa de la casa, se soldaban sus anclas con las de las piezas inmediatas, integrando en esta forma un conjunto de pisos, muros y techos (figuras 7 y 8). Los muros llegaban a

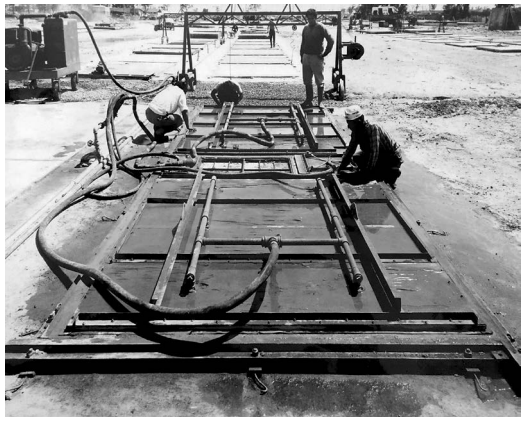


Figura 5
Colocación de las almohadillas de vaciado y conexión al múltiple de vacío (ORDIC 1964, s.n.)

Figura 7
Una de las casas de dos habitaciones en proceso de ensamblaje (ORDIC 1964, s.n.)

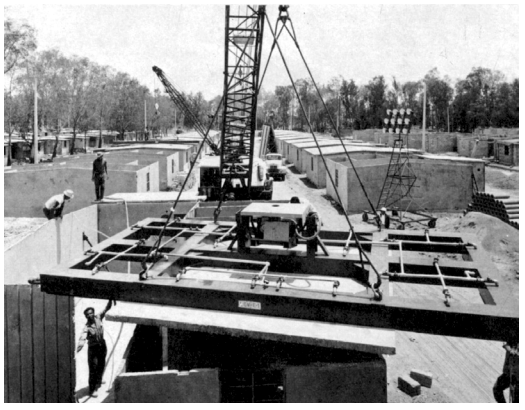


Figura 8
Colocación de la losa de techo sobre los muros de una casa (Lasso 1966, 65)

tener 10m de largo y 3ton de peso, y los techos hasta 64 m$^2$ de superficie. Se afirmaba que el conjunto era monolítico, aunque esto aplicaría sólo para las piezas independientes.

Finalmente, se soldaban las anclas de cada panel, así como las de las losas de los techos y se sellaban manualmente las ranuras de juntas (figura 9). La colocación de puertas y ventanas era el último paso para la terminación (figura 10).

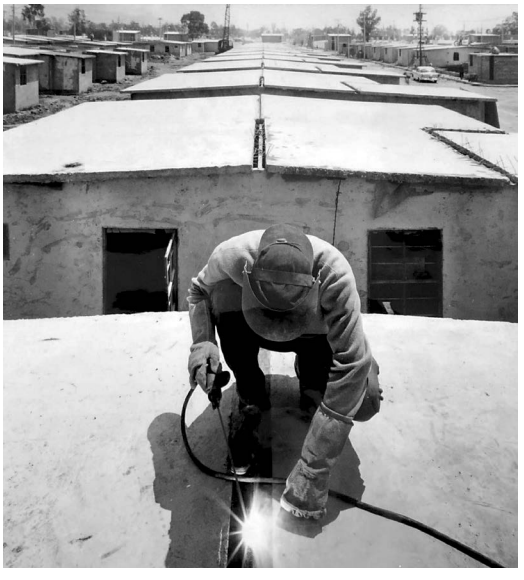


Figura 9
Operario soldando las anclas en los bordes de las losas de techo (ORDIC 1964, s.n.)

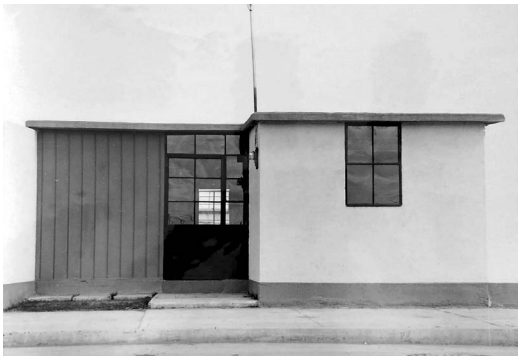


Figura 10
Las casas terminadas (ORDIC 1964, s.n.)

Algunas casas fueron construidas mediante métodos tradicionales, descritos como «Construcción de muros de tabique recocido o block hueco de concreto y cubiertas de concreto armado coladas en el lugar» (*Calli* 1965, 16). Esta descripción corresponde con las casas de cuatro habitaciones ubicadas en las esquinas, «con el objeto de proporcionar contraste volumétrico en un conjunto de esta magnitud» (*Calli* 1965, 15). La diferencia de altura entre unas casas y otras resultó imperceptible en la imagen a distancia, aunque sí lo sería para los transeúntes del mismo.

## Apuntes para el debate

En el contexto mexicano de ese tiempo, la prefabricación avanzaba lentamente, pues ante la disponibilidad de mano de obra económica en casi todas las regiones y aún más en las principales ciudades del país, el establecimiento de empresas productoras de componentes resultaba poco rentable. La construcción sistematizada con componentes estandarizados producidos en sitio, se apreciaría ideal con mano de obra abundante, pero desde antes de la construcción del CUPSJA se señalaba que en la Ciudad de México se favorecía la construcción de edificios de departamentos a gran escala para solucionar el problema habitacional y que el gobierno descartaba componentes prefabricados a favor de métodos convencionales debido al bajo costo de la mano de obra (Perry 1963 en Slate, Acton y Chinamora 1974, 164).[7]

Las consideraciones de la construcción mecanizada, es decir, aquella con un 90% del trabajo ejecutado por máquinas y con mano de obra especializada a cargo de las mismas, contrastaban con el uso preponderante de mano de obra casi siempre local, con variados niveles de especialización, casi siempre escaso y de bajo costo. De ahí derivaba la conveniencia para México de una situación intermedia que, considerando las ventajas sociales, sin desconocer los últimos adelantos, tratara de emplear el máximo posible de mano de obra, inclusive del tipo más bajo (Quintana 1956).

Por otra parte, es sabido que el rendimiento económico de moldes y equipos es clave en la construcción con sistemas estandarizados. En este caso, sólo la construcción de las cantidades de vivienda necesarias para solventar la crisis en las grandes ciudades, aseguraba la recuperación de la inversión en moldes. En este sentido, un catálogo de la Vacuum Concrete Inc., titulado *Speed and Economy for the Contractor*, publicado a finales de la década 1930, describía la operación de sus equipos para la rápida construcción de losas de pisos. La empresa no los vendía, sino que los rentaba, aclarando que serían operados por el contratista. La empresa podía proporcionar los servicios de un supervisor experimentado para entrenar al personal y asegurarse de lo adecuado de su trabajo.

Los costos asociados a la construcción con el material, como los derivados de pagos por la renta o por el uso de los equipos patentados, así como la capacitación de la mano de obra, sólo se compensarían con la construcción de un gran número de viviendas. Aun cuando las condiciones de Billner hubieran cambiado o que estos aspectos no fueran un costo elevado, las paredes estructurales de concreto al vacío se usaban en edificios con uno o dos niveles, lo cual implicaba grandes superficies de terreno, con las obras correspondientes a calles, instalación eléctrica, acueducto y drenajes. Esto sería un aspecto difícil de resolver considerando los costos de suelo urbano cercano a fábricas o zonas con la densidad asociable a la vivienda para los trabajadores. De hecho, parte de la dificultad en la edificación y adjudicación de las viviendas estuvo en la falta de acceso al área, por lo que la colindancia con nuevas avenidas o avenidas ampliadas determinó cuáles de las siete secciones del CUPSJA fueron las primeras en ser construidas (Eguiluz Villalobos 1998, 34).

De lo anterior se derivaba, entonces, la prioridad dada a los grandes edificios de departamentos, como el de Nonoalco-Tlatelolco que se terminaba por aquellos mismos años y defendido desde las páginas de Arquitectura México, editada por el equipo dirigido por Pani (Robina 1963, 161). A pesar de ello, se reconocía: «De enorme trascendencia para el urbanismo y la arquitectura habitacional en México serán las consecuencias que se deriven de la obra que se pretende realizar bajo los proyectos de Héctor Velázquez, Enrique Cervantes y Vicente Medel… sin más limitaciones que las del terreno (Urrutia 1963, 180). Efectivamente, sería útil a futuro, pero la dimensión de esa experiencia sería difícil de repetir.

En el debate entre la necesidad de tecnificación de la arquitectura mexicana para subvenir «a las necesidades crecientes en proporción geométrica, de su población, en la tasa de crecimiento que ningún otro país en la actualidad», se reconocía «la calidad artesanal de donde toma su punto de partida la industria naciente. No puede seguirse adelante con los sistemas manuales y lentos de las artesanías locales, pero a su vez significan una riqueza, por la cual fluye en alto grado la tradición…» (Robina 1963, 147). Esa «tradición verdadera» se planteaba como base del sentido estético en la cultura constructiva mexicana, «anclada en los valores psicológicos más íntimos de la masa total de la población» (Robina 1963, 146).

En las ideas anteriores se esbozan las razones para lo limitado de la construcción prefabricada por esos años en México. Algunas propuestas fueron para vivienda, pero la mayoría estuvo dedicada a la realización de espacios con grandes claros o grandes áreas que compensaran los gastos de producción en plantas y traslado de componentes a las obras.

## Notas

1. Karl Pauli Billner (1882-1965) nació en Billesholm, Suecia; llegó a los EE. UU. alrededor de 1900 a trabajar en el diseño de puentes en Oregón. Regresó a Suecia en 1915, donde desarrolló un concreto ligero conocido como Aerocrete. Se instaló de nuevo en los EE. UU. en 1926 y estableció la Vacuum Concrete Corporation en Filadelfia en 1935, de la cual fue presidente hasta su muerte en 1965. Karl Pauli Billner papers, 1916-1964, University of Wyoming, American Heritage Center. Acceso el 15 de abril de 2022. https://archiveswest.orbiscascade.org/ark:/80444/xv359103?q=billner

2. Las fotos de las bóvedas prefabricadas por Ortega aparecieron desde 1951 en la revista colombiana *Proa*, en la ponencia Precast thin shell construction, presentada en 1954 por Billner y Zollman en el Massachustts Institute of Technology, y en *Architectural Record* 1957. Precast shells stacked to cut costs 122 (1), julio: 219-222.
3. Un panorama de las acciones que determinaron el Programa de Cooperación Técnica de 1950 en el seno de la Unión Panamericana puede leerse en (Jaimes Botía)2020, 147-162); la relación entre las estrategias económicas y políticas puede revisarse en (Calvo Isaza 2013, 71-76).
4. Karl P. Billner. 1953. Low-cost concrete housing, Concrete 61 (3), marzo: 30-32.
5. Así surgió el Fondo de Préstamos para el Desarrollo DLF, la creación del Banco Interamericano de Desarrollo BID en 1959, clave para los países latinoamericanos, que proporcionó fondos para promover técnicas de autoconstrucción, ayudas a instituciones de ahorro y crédito, así como préstamos a las instituciones públicas encargadas de proyectos y construcción de viviendas. Estados Unidos proporcionó fondos al BID para constituir el Fondo Fiduciario de Progreso Social SPTF y así financiar proyectos nacionales de impacto social (Benmergui 2012, 133-134).
6. Los vínculos de la familia Rockefeller con la ONU fueron evidentes desde la construcción de la sede institucional en Nueva York según proyecto de Oscar Niemeyer y Le Corbusier, coordinado por Wallace Harrison y Max Abramovitz. Es conocida la imagen del 26 de marzo de 1947 en la cual Trygve Lie, primer Secretario General de la ONU recibe un cheque por 8,5 millones de dólares de John D. Rockefeller III para pagar los terrenos de Nueva York en los que se construiría la sede de la Organización. Secretary-General Accepts $8,500,000 Gift for the Purchase of UN Site. United Nationas, News and Media Photo. Acceso el 26 de noviembre de 2021. https://www.unmultimedia.org/s/photo/detail/366/0036623.html
7. Wesley Perry Jr. 1963. «Mexicans attack housing and water problems». *Engineering News-Record* 171 (15), octubre: 82-84.

## Lista de referencias


Alsayer, Dalal Musaed. 2019. Bringing the Machine to the House: The IBEC System and Experimental Housing in Baghdad, Iraq, 1953-58. Rockefeller Archive Center Research Reports. Acceso el 15 de abril de 2022. https://rockarch.issuelab.org/resource/bringing-the-machine-to-the-house-the-ibec-system-and-experimental-housing-in-baghdad-iraq-1953-58.html

*American Architect*. 1936. Vacuum Concrete CXLVIII (2644), abril: 90.

*Architect and Engineer*. 1950. To build apartment house in Egypt 180 (1), enero: 46-47.

*Architectural Record*. 1936a. Technical news of new uses and new products. Vacuum Concrete promises speedier jobs, taller buildings 79 (3), marzo: 239.

*Architectural Record*. 1936b. Concrete wall forms of paper 80 (3), septiembre: 242.

*Architectural Record*. 1937. A house built in one day 81 (6), junio: 38.

*Architectural Record*. 1956. Steel forms speed San Juan housing 119 (1), enero: 203-204.

*Arquitectura México*. 1962. Grandes eventos internacionales: Importante simposio neoyorkino de la habitación en América XIX (78), junio: 84-92.

Benmergui, Leandro Daniel. 2012. *Housing development: Housing policy, slums and squatter settlements in Rio de Janeiro, Brazil and Buenos Aires, Argentina*. Tesis de doctorado en Filosofía. College Park: University of Maryland.

Billner, K.P. 1936. Method of and apparatus for treating concrete, 7 de julio. Google Patents. Acceso el 30 de abril de 2022 https://patents.google.com/patent/US2046867

Billner, K.P. 1962. Vacuum lifter, 25 de septiembre. Google Patents. Acceso el 30 de abril de 2022. https://patents.google.com/patent/US3055694A/en

*Calli*. 1965. ¿Dónde vives? Conjunto Urbano Peñón San Juan de Aragón, México 15, enero-febrero: 9-16.

Calvo Isaza, Óscar. 2013. *Urbanización y Revolución: Técnica y política en Santiago de Chile, Buenos Aires y Ciudad de México (1950-1980)*. Tesis doctoral en Historia. México: El Colegio de México.

Eguiluz Villalobos, Fernando. 1998. *Trayectoria social de los residentes de la Unidad Habitacional San Juan de Aragón I y II (1964-1996)*. Tesis para Licenciado en Geografía. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

*El mundo*. 1939. Constrúyense refugios de un día para otro contra bombardeos, 8 de enero de 1939: 2.

Galindo, Jorge. 2019. *Estructuras laminares en la arquitectura colombiana 1945-1970*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.

Gargiani, Roberto. 2014. *Louis I. Kahn: Exposed concrete and hollow stones: 1949-1959*. Suiza: EPFL Press.

Jaimes Botía, Samuel. 2020. *La vivienda en Bucaramanga (1948 - 1962): una crítica a la modernidad en Colombia.* Tesis doctoral en Teoría e historia de la arquitectura. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.

Lasso, Ricardo. 1966. *Estructuras modernas de concreto presforzado*. México: Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas.

*Life*. 1941. Speaking of pictures…, 3 de febrero: 6, 7 y 9.

*Life*. 1949. House built like a sidewalk, 10 de octubre: 103-104.

ORDIC. 1964. *Prefabricación de viviendas de interés social*. México: Organización de Ingeniería Civil.

Peatfield, A.E. 1919. *Practical Concreting*. Londres: English Universities Press.

*Proa*. 1951. Construcciones en serie 44, febrero: 13-15.

*Proa.* 1951. Vacuum Concrete de Colombia 44, febrero: s.n.

Quintana, Bernardo. 1956. Estudio sobre la economía de las construcciones de México. Ponencia presentada en el Primer Congreso Mexicano de la Industria de la Construcción 1955. *Ingeniería* XXVII (1), octubre: 30-35.

Robina, Ricardo de. 1963. 25 años de arquitectura mexicana. *Arquitectura México* XX, 83, septiembre: 137-168.

Slate, Floyd 0., Mary Ann Acton y Thandiwe Chinamora. 1974. *Low-cost housing for developing countries: An annotated bibliography 1950-1972*. Nueva York: Cornell University. Acceso el 15 de abril de 2022. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAB045.pdf

Urrutia, Oscar. 1963. 25 años de arquitectura en México: La habitación. *Arquitectura México* XX, 83, septiembre: 178-182.

Zollman, Charles C. 1981. The end of the 'beginnings'. En *Reflections on the beginnings of prestressed concrete in America*, editado por George D. Nasser, 308-331. Chicago: Prestressed Concrete Institute.

# El Troje: vivienda de madera ensamblada en la Sierra Purépecha de Michoacán, México

Luis Alberto Torres Garibay

La vivienda de madera ensamblada que se desarrolló en la Sierra Purépecha, región localizada en el eje volcánico transversal que atraviesa el estado de Michoacán, es resultado de un proceso de creación colectivo en un espacio geográfico y cultural propio, cuyas características ambientales pertenecen a un clima templado a frío. En Michoacán, situado en el occidente de la República mexicana, la zona de la Sierra y la Cañada, fueron regiones con muestras vivas de amplias tradiciones, costumbres y organización social, e integrales al amplio desarrollo alcanzado en la Cuenca del lago de Pátzcuaro, donde se dieron los principales intercambios culturales de los grupos indígenas y españoles a partir del siglo XVI. Otras expresiones fueron diversas; pero, integrales entre sí en los Valles y Ciénegas del Norte, la Sierra del Centro, Tierra Caliente, Sierra Madre del Sur y la Costa (Guevara 1989, 10) que desarrollaron arquitectura sobria, anclada a su medio (figura 1).

La vivienda en la región purépecha, tiene vital relevancia, es producto de una organización comunitaria donde los grupos humanos se apropian de materiales autóctonos, con resultados de carácter local y atemporal, con persistencia generacional de técnicas, sistemas y procedimientos para edificar. Michoacán ha desplegado amplio patrimonio arquitectónico vernáculo e intangible, con asentamientos únicos por sus tradiciones, organización social, costumbres y formas de vida presentes en su arquitectura, anclada a condiciones físicas, costumbres y comportamiento social.

Es un territorio de gran diversidad físico-geográfica, configurado por diferentes climas que van desde el templado como en las regiones de la Cuenca de Pátzcuaro y la Sierra Purépecha hasta el extremadamente caluroso como la Tierra Caliente y la Costa. Estas condiciones físico-naturales han propiciado importantes adaptaciones de la arquitectura al medio y también han permitido que los habitantes utilicen los diversos recursos materiales existentes en cada sitio por su anclaje al clima, que en términos generales es al sur del estado, con temperaturas altas y al norte templado (Guevara 1989, 24). Estas condiciones ambientales han sido sustantivas para el desarrollo de recursos materiales útiles para construir aprovechándolos de manera adecuada, con la finalidad de resolver las necesidades técnicas y constructivas de la vivienda (figura 2).

La madera fue fundamental para la construcción en Michoacán, en los bosques han existido diversos tipos de vegetación con diferentes variedades de productos maderables favorables para edificar. Desde tiempos mesoamericanos, los exuberantes bosques de coníferas, fueron esenciales para el desarrollo de la vivienda. El medio físico geográfico y las condiciones topográficas del territorio han sido propicias para una adecuada apropiación de productos maderables. En la Relación de Michoacán, documento escrito por el fraile franciscano Jerónimo de Alcalá en el siglo XVI, se explica con toda claridad la existencia de árboles de gran talla, existentes desde ese momento, propios para la construcción en general (Alcalá

Figura 1
Ubicación del Estado de Michoacán y la Sierra Purépecha (Elaboración propia con base en el mapa de México)

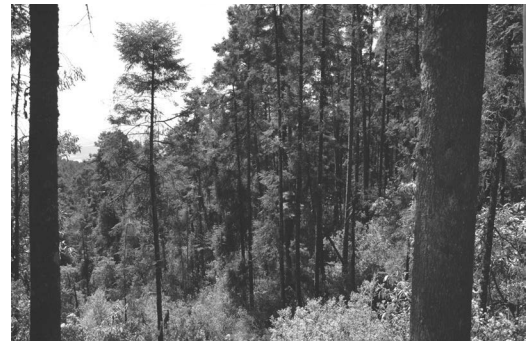


Figura 3
Bosque de coníferas en la Sierra Purépecha de Michoacán (Fotografía: Luis Torres G. 2022)

1980, 46). En la cuenca lacustre de Pátzcuaro y en la zona de la Sierra Purépecha, el bosque era cerrado por la gran cantidad de árboles y otras especies que posibilitaron la construcción (Alcalá 1980, 35). Este tipo de vegetación persiste hasta hoy en el dominio del paisaje (Guevara 1989, 37-39) (figura 3).

La metodología aplicada para investigar todo lo relativo al sistema constructivo de la vivienda de madera que ha sido común en la región de la Sierra Purépecha, se ha fundamentado en observaciones directas realizadas en diversas visitas de campo llevadas a cabo en comunidades de la sierra donde persisten agrupaciones de viviendas denominadas Trojes, las poblaciones visitadas son las comunidades de Cocucho, Ahuirán, Nurío, Aranza, Charápan, Sevina, Angahuan y Zacán. Otro aspecto importante de la metodología ha sido la consulta documental y pláticas sostenidas con artesanos de la región. Las actividades de trabajo de campo han consistido en levantamientos fotográficos, bocetos y esquemas detallados de los componentes, con la finalidad de documentar cabalmente el sistema constructivo y sus particularidades, llegando incluso a establecer tipologías de las viviendas construidas. En los procesos de campo y gabinete, han participado estudiantes de la Facultad de Arquitectura de Licenciatura y de posgrado, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Figura 2
Trojes en la población de Cocucho, Sierra Purépecha de Michoacán. (Fotografía: Luis Torres G. 2003)

En la presente explicación se resalta de manera significativa, las características de la vivienda Troje, sin dejar de lado la importancia que reviste, desde el punto de vista de la participación comunitaria que practican los pobladores de la sierra, en las tareas de construcción, organización, transmisión de conocimientos, habilidades artesanales y comprensión del medio ambiente donde actúan.

## El Troje: vivienda de madera

### Generalidades y significado

La vivienda de madera denominada «Troje» fue desarrollada por los grupos indígenas tarascos, de la misma forma que otras expresiones arquitectónicas como las obras religiosas con espacios de grandes di-

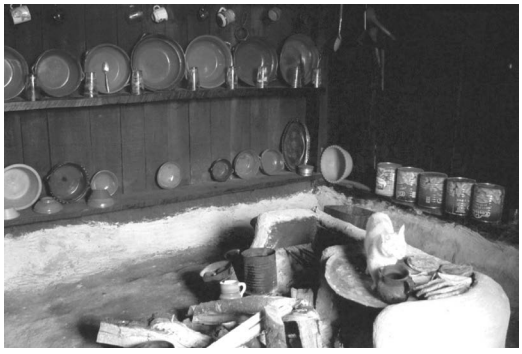


Figura 4
Cocina en la población de San Antonio, Sierra Purépecha de Michoacán (Fotografía: archivo personal 2005)

mensiones, donde se usaron diversos materiales para construcción de muros de adobe o piedra, cubiertas de madera y demás componentes de la arquitectura; los purépechas que habitan la región de la sierra, han aplicado sus habilidades artesanales y han construido diversas edificaciones de gran calado, como también, arquitectura doméstica, aprovechando la madera existente en el lugar, para conseguir mejores condiciones de habitabilidad y confort ante el clima frío que prevalece en la región.

El Troje, además de sus virtudes espaciales y constructivas, tiene un alto significado para la comunidad purépecha; al mismo tiempo de ser un espacio para dormir, rezar y guardar enseres personales, en el imaginario purépecha, representa el sentido masculino y la cocina el ente femenino, simbolizando una idea que da continuidad al pensamiento mesoamericano de dualidad que se refleja en la distribución misma del solar. El troje es el hombre y se sitúa de espaldas al poniente y el acceso al oriente; la cocina es la mujer que se coloca de frete al poniente (Padilla 2007).

El Troje, donde sus moradores duermen, rezan y guardan sus utensilios personales, tiene poco uso durante el día, en su interior se coloca el altar al frente del acceso, es una pequeña mesa con imágenes religiosas, veladoras, flores y adornos diversos. En un costado del altar, se ubica el lugar para dormir, en tiempos anteriores se dormía sobre un petate colocado en el suelo de la habitación, ahora se usa una cama de madera. Al otro costado del altar se cuelgan y almacenan enseres de la familia como zapatos, ropa, utensilios y demás implementos de uso diario, en la actualidad, se acostumbra colocar un ropero de madera

La cocina es el espacio de la mujer, de su trabajo diario, en él, pasa la mayor parte del tiempo, se utiliza para preparar los alimentos, como lugar de reunión, comer y realizar otras actividades propias del género femenino. En la cocina se localiza el fogón que consiste en el fuego de leña encendido entre tres piedras colocadas en el suelo, que soportan un comal donde se preparan los alimentos que se cocinan con leña. Toda la losa de uso diario como platos, tasas, cucharones, etcétera, se colocan a manera de adorno en repisas de madera distribuidas en las paredes de la cocina (figura 4).

**Espacialidad y expresividad**

Como se explicó en el apartado anterior, el Troje se compone de un espacio interno principal; pero, su configuración completa está lograda por tres espacios; el portal al frente destinado a la vida de la familia y las actividades artesanales y sociales que se realizan durante el día; el cuarto para dormir con todos los elementos ya explicados, como el altar y los lugares para dormir y guardar algunos enseres y; el tapanco, en la parte superior entre el techo y la cubierta, donde se guardan las semillas. Por sus características y significado, el troje doméstico, es una solución especial e integral a las necesidades de carácter familiar, es en sí un elemento de identidad regional que con su presencia caracteriza los poblados históricos, principalmente

Figura 5
Troje en la población de Ahuirán en la Sierra Purépecha de Michoacán (Fotografía: Luis Torres G. 2004)

en la Sierra Purépecha. Por su volumetría espacial y las ventajas relativas a las facilidades para su construcción, se ubica en el renglón más reconocido en cuanto a diseño espacial y técnico (figura 5).

En los poblados de la Sierra Purépecha como Sevina, Pichátaro, Cocucho, Charápan, Angahuan, Paricutín, Parangaricutiro, Zirosto, Zacán, Nahuatzen, Ahuirán, San Lorenzo y muchos otros, dominó el caserío de madera, combinado con algunas edificaciones de adobes.

En algunos poblados, con las transformaciones generadas por la vida diaria, el troje ha evolucionado y por lo mismo se localizan ejemplos de casas habitación solucionadas con el mismo sistema constructivo y volumetría que el Troje, con una o dos puertas y se usan como tiendas para la venta de insumos de primera necesidad (figura 6).

Figura 6
Troje en Aranza, Sierra Purépecha de Michoacán (Fotografía: Luis Torres G. 2008)

## Distribución en el solar

La vivienda en la comprensión del purépecha, es el conjunto de elementos que configuran y resuelven todas las necesidades de la vida diaria y la costumbre de habitar. En sus orígenes, la vivienda se ubicó de forma libre en un amplio solar, formando al interior del predio un patio relacionado con el pórtico y conectado con el área de cultivo; vivienda y portal han sido vitales como espacios integrales formando relación con el patio, corrales, gallinero, letrina y ekuaro para la siembra de maíz y árboles frutales.

Para los purépechas la vivienda dentro del solar no es inherente exclusivamente al espacio interior construido, para ellos el concepto de vivienda es, toda la relación de espacios internos y externos comprendidos dentro del solar, los que tienen usos y significados integrales a sus costumbres y forma de vida. El patio es el espacio abierto distribuidor de todas las actividades, en su entorno se localizan todos los demás elementos que integran la casa.

La forma común de resolver la casa fue con edificaciones instaladas libremente dentro del terreno. Se ubicaban formando un patio como centro dinámico donde se generaban las actividades de la vida diaria. La casa y su pórtico tenían relación con este patio y a partir de él se daban relaciones de comunicación con la cocina, los corrales, el área de cultivo y demás espacios destinados a las actividades comunes del día a día. Todo el conjunto formaba una estructura de ocupación que tenía de dos a tres recintos construidos y demás elementos distribuidos en el solar (Ramírez 1990, 348) (figura 7).

## Sistema constructivo

Como se ha señalado, la madera ha constituido siempre, uno de los recursos fundamentales para edificar, posibilitó la manufactura de grandes obras en la arquitectura civil y religiosa durante los siglos XVI y XVII. El trabajo de la madera se tornó en el cometido tradicional de construir desde etapas tempranas entre los pobladores de la Sierra Purépecha, tradición que hasta hoy tiene vigencia con la destreza y conocimientos que implica la práctica cotidiana a través de varios siglos de experiencia.

Bravo Ugarte lo confirma al decir que, la madera fue el factor primordial para la construcción y elaboración de instrumentos y enseres necesarios para cubrir las necesidades de la vida diaria ya que se hacían: «…de madera (chuhrcri), las tablas y palos para la construcción, las sillas (uaxántisicua), las canoas (icháruta), los atabales (cuirínga) y muchas de las armas…» (Bravo 1995, 107).

La arquitectura para la vivienda en la zona de estudio, ha utilizado todos los conocimientos de esta tradición en la forma de construir y aprovechar la riqueza maderable para acondicionar de manera adecuada su habitabilidad; el Troje fue, por tanto, el principal

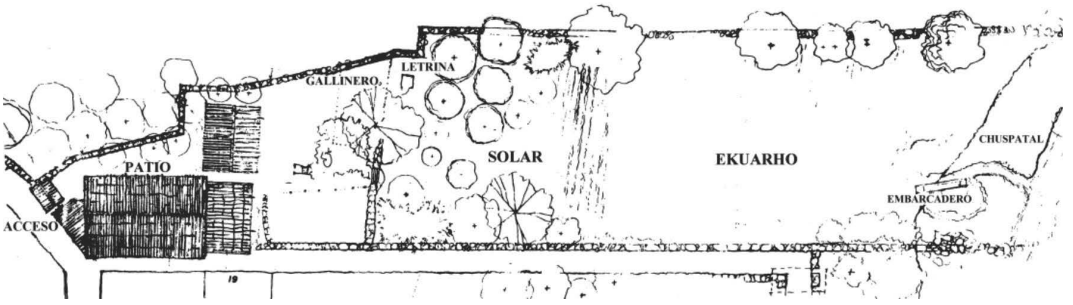



Figura 7
Dibujo de la vivienda dentro del solar (Fuente: Ramírez 1990, 364)

recurso constructivo por tres razones; primeramente, el dominio alcanzado por los artesanos purépechas para el trabajo y la talla de la madera; en segundo término, las ventajas que ofrece el recurso de la madera para su explotación, procesamiento y facilidades para construir y; por último la alta capacidad del material procesado, para adaptar la vivienda de conformidad con la protección necesaria para el clima frío dominante en la región.

Figura 8
Artesano preparando la madera para construir (Fotografía: Archivo personal 2008)

El espacio del Troje, elaborado en su totalidad con madera, estuvo supeditado a las posibilidades y limitaciones del material disponible, por su alcance estructural las dimensiones de la vivienda estuvieron resueltas con recintos de dimensiones medianas. Las amplitudes, por lo general, eran de tres a cuatro metros de ancho y longitudes variables entre cuatro y seis metros. Los tablones se cortaban de una sola pieza y eran elaborados siguiendo la tradición constructiva del corte de la madera, seleccionando los árboles que cumplían con la edad adecuada, dejando los tiempos de corte y secado suficientes para evitar que la madera se deformara, cortándola con hacha y permitiendo con esto un secado lento para eliminar posibilidades de rajaduras o deformaciones (figura 8).

Existen dos variantes constructivas que están relacionadas con sistema estructural necesario para el ensamblaje adecuado de cada uno de los componentes. Una consiste en formar una estructura portante de cuatro paredes de tablones encimados de canto, cruzados en los extremos y ensamblados con el sistema de media madera, dejando una entrega para formar una cadena cruzada que le confiere a cada esquina del espacio la solidez necesaria y evitar movimientos o deformaciones de la estructura.

La otra, se elabora colocando en las esquinas del espacio, pilares de madera con canaladuras longitudinales en dos de sus lados, las que se confeccionan para recibir los tablones encimados que van embutidos en estos pilares. Ambas soluciones resultan eficientes desde la perspectiva estructural ya que man-

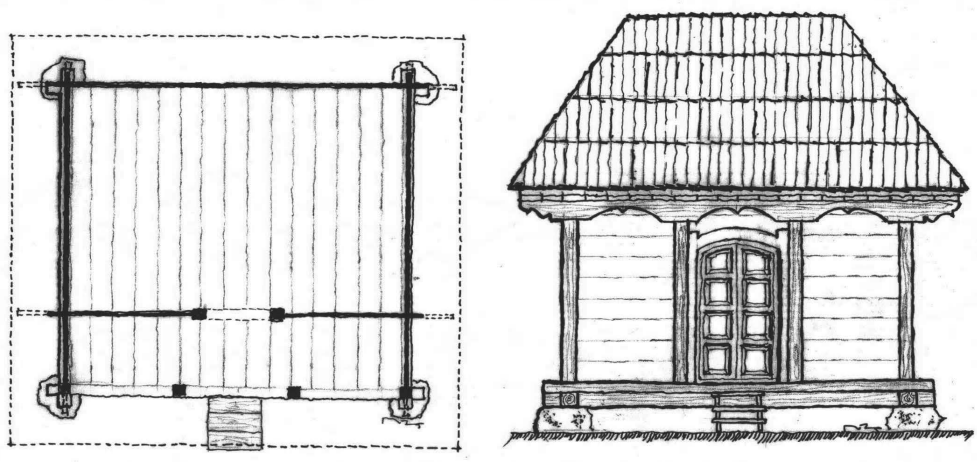


Figura 9
Dibujo en planta y fachada del Troje construido con tablones cruzados (Dibujo: Luis Torres G. 2022)

tienen la configuración total del Troje totalmente estable sin problemas de deformación.

Por cuestiones de extensión de la presente comunicación, se hace énfasis en la explicación constructiva del segundo caso, explicando a detalle cada uno de los pasos requeridos para la elaboración de esta vivienda; pero referente a la otra variante, los demás componentes se construyen de la misma forma y el cambio solo impacta en los tablones cruzados o embutidos.

Se desplanta por arriba del nivel de piso, sobre nueve bases de piedra, una en cada esquina, una a la mitad por cada lado y otra al centro, sobre estos cimientos se colocan tres vigas perpendiculares al costado más largo y dos vigas ensambladas en cada extremo de las anteriores; cada viga debe ser confeccionada de madera de pino de sección de 21 cm x 21 cm y en cada encuentro deberán ensamblarse a media madera, dejando una entrega de 26 cm. Cabe hacer énfasis que, en la parte media la viga central que cruza la mitad del espacio en su tramo corto, debe ubicarse de forma perpendicular a los costados, con igual sección y entrega, para en conjunto, formar una estructura de desplante de toda la habitación. Sobre esta estructura de desplante se coloca en sentido longitudinal, abarcando las áreas destinada para el portal y el espacio interno, un piso de tablones de 7.6 cm de espesor y anchos diversos que van desde 30.5 cm hasta 45.7 cm de ancho. La longitud de este entarimado cubrirá el total del recinto que, en el ejemplo que se presenta es de 5.64 m (figura 9).

Sobre el entarimado, se coloca nuevamente el juego de cinco vigas, tres en el sentido corto y dos en el sentido largo. La diferencia ahora es que, la viga intermedia se coloca ubicada de forma cercana donde será el portal, dejando precisamente como distancia el ancho que tendrá este espacio. Todos estos componentes deberán ensamblarse de la misma forma ya

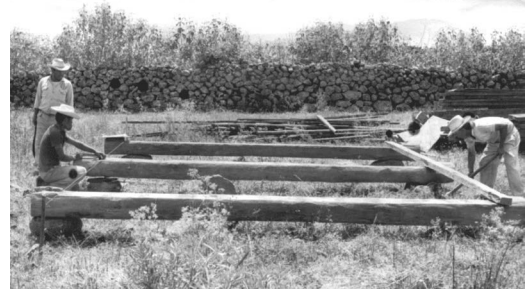


Figura 10
Preparación del cimiento y desplante del Troje (Fotografía: Archivo personal 1985)

Figura 11
Vigas de recepción de los muros de tablones (Fotografía: Archivo personal 1985)

Figura 12
Colocación y ensamblaje de pilares y vigas de cerramiento (Fotografía: Archivo personal 1985)

explicada, a media madera, con las entregas y las mismas medidas (figura 10).

Enseguida se procede a colocar cuatro pilares con la misma sección de las vigas ya descritas; estos, deberán ensamblarse en caja y espiga sección cuadrada en una proporción de uno a tres, confeccionando la caja precisamente en el centro del cruce de las vigas y, superando un poco la profundidad para que, al insertar la espiga propicie un trabado mejor. Al pilar se le deben confeccionar en sus extremos, espigas en proporción uno a tres, para insertarse en las vigas de desplante y recibir las vigas que vendrán colocadas en la cumbrera de los muros. Cada pilar recibirá embutidos los tablones que formarán los muros por lo que, se les deberá hacer en sus caras que recibirán los tablones, una canaladura en proporción uno a tres de profundidad y de ancho con la medida del espesor de los tablones (figura 11).

Para colocar los muros se usan tablones de 7.6 cm de espesor por medidas variables de ancho de 30.5 cm, 45.7 cm, hasta 50.8 cm y longitudes variables que van desde 365 cm, 487 cm, hasta 548 cm; en algunos casos se han encontrado tablones de 61 cm de ancho y 609 cm de longitud.

Los tablones se insertan entre las ranuras de los pilares hasta llegar a la parte alta de tal forma que el enrase de los muros coincida con la altura de los pilares y deje las espigas libres para recibir las vigas de cerramiento. En el muro frontal, el acceso al interior se ubica al centro; con este fin, se colocan dos pilares más, separados a la amplitud de la puerta, ensamblados en la parte baja en caja y espiga y en la parte alta, unidos por un tramo de viga a manera de cerramiento, unido también con ensamble de caja y espiga. Estos pilares fungen como jambas y llevan también canaladuras para insertar los tablones que se cortan a medida para dejar el espacio requerido del vano. Esta puerta de acceso nunca llega hasta la parte alta del muro ya que se dejan dos o tres tablones enteros que corren a todo lo largo del frente para unir convenientemente la estructura de cierre del muro (figura 12).

Cabe señalar que las mejores construcciones de trojes se elaboraban a detalle para evitar pequeñas oquedades entre tablón y tablón para eliminar entrada de luz, aire y frío por lo que, se preparaban los tablones con un rebajo en el canto superior a manera de media caña y un lomo configurado en el canto inferior a manera de medio bocel, de tal forma que los tablones se acomodaban uno con otro sin dejar orificios en las uniones. Llevaban también pernos de madera colocados a distancias convenientes, que evitan cualquier tipo de desajuste. También, en muchos casos los tablones eran decorados con molduras y canecillos de diferentes tipos.

El techo de la vivienda se elaboraba usando el recurso de los tablones con mayores longitudes para configurar aleros y canes de protección contra la lluvia. Sobre este entablado de la techumbre, se colocaba otro juego de vigas ensambladas a media madera formando un anillo cuadrangular que recibe la cubierta elaborada con barrotes de madera con diámetro de 10 cm. La estructura de la cubierta puede ser de dos o cuatro vertientes, muy peraltada y sus com-

Figura 13
Sistema de jambas y cerramiento del vano de acceso (Fotografía: Luis Torres G. 2004)

ponentes van enlazados según las distancias de los tejamaniles elaborados de madera que fungen como tejas (figura 13).

El tejamanil ha sido muy usado en Michoacán. Consiste en una lámina de madera desgajada de sección trapezoidal de pino o abeto; alcanza medidas hasta de 12 x 90 centímetros y es muy delgado con espesores de tres a seis milímetros en cada costado. Los constructores de la región lo han usado en grandes cantidades en las obras de arquitectura doméstica y su utilidad se generalizó en todo el territorio mexicano (Kubler 1982, 178) (figura 14).

La construcción de la cocina era diferente. Ésta no tenía portal, la planta era cuadrada o rectangular, los muros se hacían con tablones verticales, la puerta se colocaba en uno de los muros cortos y no contaba con tapanco. Las paredes con tablones verticales y la inexistencia del tapanco eran soluciones que permitían el desalojo del humo ocasionado por el fogón; las ranuras entre los tablones y cubierta de tejamaniles permitían una ventilación adecuada. En algunos poblados, con las transformaciones propias de la evolución, se localizan ejemplos de casas habitación en las esquinas de manzanas que tienen una construcción en madera con tablones verticales y una o dos puertas por costado; su cubierta es también de vertientes inclinadas y tejamaniles y se usan como tiendas para la venta de insumos de primera necesidad.

Figura 14
Sistema constructivo de la cubierta de vertientes (Fotografía: Luis Torres G. 2004)

Figura 15
Troje con la cubierta de tejamaniles en San Antonio (Fotografía: Archivo personal 2005)

### Habilidades, organización del trabajo, dominio de técnicas de construcción, observación del medio ambiente y aprendizaje del uso de las herramientas

La técnica de construcción del Troje se hacía a través de las habilidades que los artesanos adquieren de padres a hijos; aunque la elaboración de trojes ya nos es una actividad común, salvo en casos contados, todavía existen artesanos que dominan y practican las diversas técnicas en el trabajo de la madera, utilizan el hacha y el hachazuela para trabajar los componentes a la manera tradicional.

Los purépechas tienen costumbres eficientes para todo tipo de tareas relacionadas con la construcción; por principio, están acostumbrados a entender el espacio geográfico donde se desarrollaban sus actividades y a organizarse de forma eficiente. Una manera de hacerlo es por medio del sistema de faenas «organización que, en otras comunidades del territorio mexicano, también se usa» constituye la estrategia más efectiva para el trabajo, cada miembro de la comunidad apoya las actividades a ejecutar, haciendo una tarea que es asignada por el organizador o responsable, esta actividad se determina según las habilidades del artesano y es la aportación de cada individuo que forma parte de esa comunidad. En otros casos la participación es en especie, acercando materiales y productos relacionados con las necesidades de la obra. Estas formas de participación permiten habilitarse y especializarse en trabajos relacionados con la construcción tradicional y el dominio de la técnica para construir.

Otro aspecto a señalar es que el factor del medio ambiente es primordial para los purépechas; Agustín Jacinto al referirse a la relación hombre–naturaleza; afirma que para ellos no existe una lucha por dominar el medio, se trata más bien de adecuarse a él y adaptarse a la naturaleza. La construcción se hace siguiendo las características del ambiente geográfico para integrarse y buscar una mejor habitación (Jacinto 1988, 49). De esta forma, la vocación boscosa de la región ha permitido las experiencias en la explotación de estos recursos ya que su obtención se consigue buscando el mejor momento de los meses de septiembre, octubre y noviembre para cortarla y obtener madera firme y consolidada con la fuerza que recoge de la tierra (Torres 2008, 27-28 y Jacinto 1988).

Relacionado con la técnica para construir, ha sido vital el cometido que tiene la herramienta y el aprendizaje de su uso. En el ámbito purépecha afirma Agustín Jacinto que, las herramientas son posesión familiar, por lo cual permanecen vinculados a ellas. Previo al nacimiento de sus futuros usuarios; utensilios, artefactos y herramientas integran parte sustancial de la vida familiar, son componentes constantes del paisaje doméstico. La observación desde temprana edad y durante muchos años, en el manejo de la herramienta, ha favorecido el aprendizaje natural para su uso y el desarrollo de la técnica. Aquí participa la creatividad artística sustentada en la libre combinación de la imaginación disciplinada a través los años de observación (Jacinto 1988, 57). Este sentido de apropiación de conocimientos a través de la observación cotidiana, ha proporcionado resultados positivos en el trabajo de la madera que hasta hoy sigue siendo de alta calidad, es integral en su configuración y adaptada al medio físico y geográfico de su entorno.

## Reflexiones finales

En la tradición de construcción con madera que se ha explicado, están presentes los valores tangibles que demuestran las habilidades de los artesanos que han logrado su concreción material; asimismo, otros aspectos que se posicionan en los valores intangibles que se pueden descubrir al realizar análisis pertinentes y observar formas tradicionales de organizarse para el trabajo; procedimientos seguidos para manufactura de componentes en las edificaciones; habilidades y usos adquiridos en el manejo de herramientas y; otros aspectos que están presentes en los hechos construidos.

La tradición de construir con madera en la cultura purépecha, como se ha visto, es una costumbre de participación comunitaria, muy valorada por los grupos purépechas y anclada a significados especiales en los procesos de trabajo en grupo, siempre relacionados con la naturaleza y creencias religiosas. Basta observar la fiesta del Corpus Cristi en la población de Sevina, en la Sierra Purépecha de Michoacán, celebración que se hace en el gran atrio para agradecer las riquezas de la tierra. La celebración que la propia comunidad organiza y realiza está anclada a sus tradiciones y significados culturales. Para ellos el valor material de los objetos, inmuebles o enseres, irrele-

vantes, lo que sí importa es el significado que adquiere la celebración.

Esta tradición ha dejado huella, tiene una forma de construir de gran adaptación a condiciones climáticas y con soluciones menos complicadas. Así, la espacialidad de la vivienda, ha respondido a una tradición constructiva y forma de vida que ha perdurado a través del tiempo.

## Notas

1. Los tarascos conformaron un imperio durante el posclásico mesoamericano, tuvieron como centro de actividades la cuenca lacustre de Pátzcuaro en Michoacán. Este grupo permanece aún en la región.
2. Pueblo indígena de las regiones lacustre y montañosa, del centro de Michoacán, se llama así mismo P'urhépecha; pero, en los documentos históricos aparecen con el nombre de Tarascos. Nos referiremos a ellos como purépechas que es su denominación actual.
3. Petate: término local que hace referencia a un tapete tejido con material vegetal denominado tule o chuspata procedente de las riberas de los lagos.
4. Comal: plato de amplio diámetro, elaborado con barro cocido que se usa colocado al fuego para preparar diversos alimentos.
5. El tapanco es el espacio comprendido entre el techo de la vivienda y las vertientes inclinadas que la cubren; su finalidad en el caso del troje es, guardar las semillas, principalmente el maíz. También, el espacio generado funciona como aislante térmico, propiciando un amortiguador del clima frio o cálido.
6. El ekuaro tiene un amplio significado para la cultura purépecha, en este caso se refiere al espacio libre del solar que se destina a cultivar productos para el autoconsumo.

## Lista de referencias

Alcalá, Fray Jerónimo de. 1980. *La Relación de Michoacán,* versión paleográfica de Francisco Miranda. Morelia: Fimax Publicistas.

Bravo Ugarte, José. 1995. *Historia sucinta de Michoacán.* Morelia: Morevallado Editores.

Guevara Fefer, Fernando. 1989. Los factores físico-geográficos. *Historia general de Michoacán,* v. I. coord. Enrique Florescano. Morelia: Gobierno del Estado de Michoacán, Instituto Michoacano de Cultura.

Jacinto Zavala, Agustín. 1988. *Mitología y Modernización.* Zamora: El Colegio de Michoacán, Gobierno del Estado de Michoacán.

Kubler, George. 1982. *Arquitectura mexicana del siglo XVI.* México: Fondo de Cultura Económica.

Padilla Valdés, Patricia. 2007. *La vivienda tradicional en la Sierra Púrhepecha. Cómo se vive en los trojes del Municipio de Charápan Michoacán*. Tesis de Doctorado en Ciencias Humanas. Especialidad Estudio de Tradiciones. Zamora: El Colegio de Michoacán.

Ramírez Romero, Esperanza. 1990. *Catálogo de monumentos y sitios de la región lacustre de Pátzcuaro.* t. II. Morelia: Gobierno del Estado de Michoacán.

Torres Garibay, Luis. 2008. Coincidencias, permanencias y técnica en la constructividad. Observaciones a través de la arquitectura vernácula. *Memoria IV. Anuario de Investigación sobre Conservación, Historia y Crítica del Patrimonio Arquitectónico y Urbano,* Coord. Blanca Paredes Guerrero. Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán.

# Un caso singular de cubierta en el seminario tridentino de San Pedro de Valladolid de Michoacán, nueva España (siglo XVIII)

Jaime Alberto Vargas Chávez

La información relativa a este caso de estudio proviene del contrato de obra denominado «Restauración de Palacio de Gobierno», ejecutado a lo largo de siete etapas desarrolladas entre los años de 1997 a 2002, auspiciado por la Dirección de Protección y Conservación de Sitios y Monumentos Históricos de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas del Gobierno del Estado de Michoacán, México. Dentro de la primera etapa que estuvo a nuestro cargo, se ejecutaron los trabajos de cambio total de la cubierta de azotea en la crujía sur, compuesta por viguería de madera de pino (canes), terrado, capas de confinamiento, impermeabilizante y enladrillado en la zona de la fachada principal que ve al sur, de cara a la antigua calle Real -hoy avenida Francisco I. Madero- y de frente a la Catedral.

Acerca de la intencionalidad preliminar que tuvo el Concurso de Obra ya señalado por parte de la Dependencia Estatal responsable de estas intervenciones en los inmuebles históricos que conforman el fundo legal patrimonial de la institución gubernamental, puede leerse como un esfuerzo direccionado al rescate, restauración y conservación de nuestro patrimonio, promovido entonces en virtud de la recién inclusión de la ciudad de Morelia en la Lista del Patrimonio Mundial[1]

Aunque, a esas fechas apenas estábamos formando especialistas en el área de Restauro en nuestra universidad estatal[2]; por lo que, los términos de referencia dictados para la implementación de los procesos de obra de especialidad y sus diagnósticos técnico-procesales aún presentaban ausencias, como el haberse omitido la realización de calas preliminares en el inmueble a intervenir, para fundamentar científicamente los criterios del concurso, confirmar las estrategias de intervención propuestas y proponer sustentablemente sus etapas, en virtud de los daños que el sistema estructural de las cubiertas ya acusaba.

Tales ausencias nos brindaron la oportunidad –como especialistas– de registrar este novedoso hallazgo a través de su patología[3], y a partir de sus notorias diferencias en cuanto a la técnica constructiva seguida en la fábrica material de las cubiertas del Seminario Tridentino de San Pedro respecto del resto de las edificaciones en ciernes a esas fechas; su proceso de obra fue develándosenos desde el momento que iniciamos físicamente las acciones de obra contratadas en este sector de azoteas. Todo a partir de la demolición parcializada de los elementos compositivos de la techumbre dieciochesca, avanzando según lo convenido, para al final ejecutar su sustitución total. Por tanto, a lo largo de este trabajo mostramos, mediante el auxilio de la documentación fotográfica, gráfico-planimétrica y la narrativa escrita tal cual se describe en este método de estudio.

A decir de Silva (1995, 125):

«La toma de datos en Patología Constructiva tiene como objeto (obtener, registrar y transmitir) el conocimiento constructivo de un edificio, mediante la definición de sus materiales y sistemas; así como, el análisis de su comportamiento a lo largo del tiempo de vida de un edificio.»

Destaca la importancia que reviste la toma de datos, respecto a la construcción de la memoria histórica de un edificio, consignando con rigor la información que el propio sujeto de estudio -a ser intervenido- aporta a la disciplina constructiva referente a sus valores particulares, que en este caso son el producto de las ideas de un constructor ingenioso, con nociones diferentes para ejecutar las actividades de obra *versus* a lo que en ese tiempo el resto del gremio tradicionalmente argumentaba. De origen, en nuestro caso, las ausencias señaladas sobre el proyecto resultaron en flaquezas a la propuesta de intervención leídas en los términos de referencia del concurso, dado que se desconocía la realidad de los sistemas de cubiertas existentes y, por tanto, los valores que de sí representaba y mucho menos el significado y significancia de lo que estaba por descubrirse a partir del hallazgo, motivo de nuestra narrativa.

En este trabajo, como arquitectos-restauradores e investigadores nos acercamos a nuestro sujeto de estudio bajo una óptica distinta a la del historiador, ya que aquí tratamos un tema relacionado con un hallazgo (arqueológico-arquitectónico) de una técnica constructiva inusual respecto al común de cubiertas de azoteas existentes en inmuebles históricos de estas tierras; revisadas tanto física como documentalmente, no sólo localmente más aún, regionalmente mediante la búsqueda en repositorios históricos diversos, como también examinando publicaciones éditas; y sobre todo, a lo largo de una experiencia profesional en procesos de restauro efectuados en más de 45 años.

Técnica que resulta diferente a la del resto de los constructores dieciochescos en nuestro territorio geográfico, y que si bien suponemos es producto del ingenio profesional del renombrado maestro de obra de origen mulato Thomás Huerta[4] (1716-1784), pero aún no puede afirmarse si fue el resultado lógico de su creatividad y experiencia, o bien, si él abrevó en alguna obra o Tratado de época que lo ilustró al respecto. Sus edificaciones anteriores[5], como el conjunto conventual jesuita en esta ciudad de Valladolid, lo hicieron merecedor para simultáneamente ser llamado por el Cabildo Catedralicio para diseñar y dirigir la fábrica material del largamente anhelado por la Diócesis Michoacana, Seminario Tridentino de Valladolid.

## El origen de los Seminarios Tridentinos novohispanos

Como uno de los acuerdos derivados del Concilio de Trento, que se llevó a cabo de manera intermitente a partir de 1542 hasta 1563 en diversas sedes italianas, se planteó como premisa capital la idea de mejorar la formación moral, teológica y doctrinal de los estudiantes con vocación sacerdotal. Para lograrlo, entre otras cosas se propuso el establecimiento de un seminario diocesano de nueva creación en cada obispado para cumplir con tal fin.

Aunque a decir de algunos estudiosos de la arquitectura y el urbanismo mexicanos, como Carlos Chanfón Olmos (1928-2002), quien «en sus Cátedras Patrimoniales dictadas en las aulas del Posgrado de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo» sostuvo que la estructura de la conquista evangelizadora del siglo XVI en la Nueva España poco o nada se vio afectada por el cisma de la Iglesia Católica producto de la escisión de Lutero, Calvino y demás disidentes que derivó en el Concilio de Trento estructurado para repensarse a sí misma la Iglesia católica, de manera que la conquista espiritual estaba ya en marcha al término del Concilio de Trento (Chanfón 1997, vol. 2). Sin embargo, su pensamiento permeó y se extendió posteriormente en el espacio y en el tiempo, siendo aplicado en ciertos aspectos conceptuales, particularmente en la morfología de edificios religiosos de los siglos XVII y XVIII (como ejemplo, podemos observar la permisión para el nuevo cambio en la orientación «de norte a sur» de la planta basilical de la Catedral en Valladolid de Michoacán, en la Nueva España).

Al revisar históricamente nuestros antecedentes sobre el aspecto educativo a nivel diocesano, vemos que a partir del traslado de la cabecera episcopal de Tzintzuntzán a Pátzcuaro, el primer obispo Vasco de Quiroga mostró desde los inicios su interés por la educación de su grey católica, mayormente indígena, y particularmente para la formación de los nuevos sacerdotes. Así, regionalmente desde 1540 ya existía el Real y Primitivo Colegio de San Nicolás Obispo enfocado en la formación de los bachilleres michoacanos.

Figura 1
Inscripción plasmada sobre una viga del corredor oriente en planta alta del ex Seminario Tridentino, que dice: «Se comenzó a envigar en el año de 1761».[8] (Vargas 1997)

## Esbozo histórico del edificio

El debacle para la construcción de un inmueble de nueva factura para albergar la sede del Seminario Tridentino vallisoletano fue largo y complicado[6]. Éste comenzó a partir de la expedición de la Real Cédula para su creación y edificación, emitida el 8 de diciembre de 1671. El tiempo corrió y los actores fueron sucediéndose en torno al tema. Aparentemente, a decir de la mayoría de los estudiosos no fue sino hasta 1761[7] (Figura 1), noventa años después, cuando bajo la promoción del obispo en turno Pedro Anselmo Sánchez de Tagle se alinearon las condiciones económicas y de voluntad política para su erección.

No se tienen datos acerca de si hubo un proceso de selección (administrativamente hablando) tal cual el Cabildo Catedral acostumbraba para cualquier caso, ya que generalmente se invitaba a los artistas, artesanos y demás operarios necesarios a participar en un concurso por oposición, para el otorgamiento (previa garantía) del trabajo en ciernes. En este caso, la fama de Thomás Huerta que le antecedía lo eximió de tal requisito (Guzmán 1993).

En definitiva, fue convocado por el Cabildo Eclesiástico para elaborar los planos inherentes al diseño del Seminario Tridentino, no obstante que a decir de Mazín (1987) éstos habían sido previamente elaborados por un maestro poblano, sin especificar quién y cuándo[9]. Consecuentemente, el conjunto de acciones abarcaba el poner en costo las actividades de obra -mediante un calendario-, contratar los materiales necesarios, los fletes, los operarios necesarios según su especialidad y dirigir en su conjunto la fábrica material para el nuevo inmueble que albergaría a los docentes y educandos, con un concepto de habitabilidad adecuado en sus espacios para alcanzar una educación de excelencia, según los cánones vigentes a esa época, y en concordancia con los principios filosóficos establecidos por el Concilio de Trento. En sus instalaciones se impartirían las cátedras de Latín, Retórica, Filosofía, Teología, Sagradas Escrituras y Moral.

Acaso desde antes del año 1757 se hubiera ordenado la realización del proyecto del Seminario a Thomás Huerta, pues a decir de Silva (1995, 129), a esas fechas «están ya comprados muchos materiales de piedras, cal, arena, maderas, etc. para fabricar un nuevo colegio, para su hechura hay existentes treinta mil pesos». Planteamiento del todo creíble, ya que resulta absurdo pensar que el mismo año que se empezó a envigar la cubierta de la planta alta, hubiese sido suficiente para la consecución de tan amplio espectro de actividades de obra según consignan algunos autores. Por lo contradictorio de tal datación acerca del inicio de la obra, será recomendable seguir indagando al respecto en los repositorios históricos.

Existe constancia de que, en 1761, cuando se estaba envigando la planta alta del Seminario, en la obra del Colegio de la Compañía de Jesús ya se encontraban inaugurando la capilla interior dedicada al Señor San José (30 de junio de 1761), en el entendido de lo avanzado que estaba su fábrica, aunque aún no se concluía.

Así pues, inferimos que Huerta llevó a cabo simultáneamente los trabajos de ambos colegios, debiendo sortear el más delicado problema: la ausencia de mano de obra especializada suficiente para obras de tal envergadura. Por lo que, necesariamente debieron importarse obreros y artesanos de otras latitudes para poder satisfacer el ritmo de trabajo de tales; pues en 1762, todavía se seguía laborando intensamente en el Colegio de la Compañía de Jesús, para finalmente, un año después (1763) inaugurar las instalaciones de los anexos contiguos «casa de ejercicios» (Silva 1995, 130).

Mientras hacia 1762 ya casi se habían concluido los trabajos del conjunto de la Compañía de Jesús y estaban prontos a inaugurar parcialmente sus instalaciones para comenzar sus labores educativas con la comodidad y el confort necesarios. Del otro lado, la fecha reconocida sobre la conclusión de los trabajos de edificación del Seminario Tridentino lo apuntan a 1770; es decir, nueve años después de que se habían envigado las cubiertas de la planta alta del primer patio, inaugurándose formalmente el 29 de septiembre de 1770.

En su corta historia, el Seminario cumplió sus objetivos a cabalidad. En sus espacios se formaron hombres cuyos nombres hoy están inscritos en las páginas de nuestra historia, como: Morelos e Hidalgo y otros caudillos más de nuestra independencia nacional. Fue en la segunda década del siglo XIX cuando sobrevino su primera clausura, desalojando a sus educandos, producto de los conflictos bélicos surgidos por el movimiento independentista de nuestro país.

Posteriormente, en la segunda mitad del siglo XIX, en un periodo de inestabilidad surgida por la Guerra de Reforma, se clausuró por segunda ocasión. Le fue devuelto a la Mitra michoacana en tiempos del Imperio de Maximiliano de Habsburgo (1862-1863). Finalmente, el Gobernador del Estado de Michoacán, el general Epitacio Huerta instruyó de manera definitiva su extinción como Colegio Seminario y pidió del ingeniero civil y militar Guillermo Wodon de Sorinne su inmediato levantamiento arquitectónico, para que plano en mano se le propusiera su refuncionalización para convertirlo en el «Palacio de los Poderes» (antecediendo con esta denominación a la «Era de los Palacios» del porfirismo)[10].

## Su inserción en la mancha urbana

A partir del inicio de la idea de construir un seminario diocesano para cumplir con el cometido del Concilio de Trento, la autoridad eclesial se dio a la tarea de buscar un predio cuya locación tuviera la suficiente prestancia en el tejido urbano de la ciudad, amén de cercanía con la Catedral que aún se hallaba en construcción. La búsqueda dio como resultado la elección de unas casas vecinas que colindaban por el norte, la Calle Real de por medio, con el conjunto catedralicio. A decir verdad, que viera a su portada principal. Mejor enclave no podían tener las fincas propuestas; ya que además, este grupo de propiedades adquirido para tal fin conformaban un espacio cabecero en la manzana de enfrente de la sede catedralicia, cuyo desplante miraba a tres calles (Figura 2), dándole al nuevo proyecto arquitectónico del Seminario un realce por su integración -aunque aparte- con el núcleo diocesano.

## Estructura del proyecto de Thomás Huerta

*Le parti* arquitectónico puede ser leído con claridad en los planos que aquí acompañamos, destacando su acceso principal frente al de la Catedral a través del zaguán. Éste a su vez se enlaza con los corredores perimetrales que circundan al primer patio central, en torno a los cuales se distribuyen los accesos a cada cual espacio de diferente uso en lo individual. El inmueble hoy día conserva mayormente la estructura conceptual de su diseño original a partir de tres patios centrales y dos niveles, que auxilian en su funcionalidad, iluminación, ventilación y control de sus espacios; sólo los usos han cambiado.

Al tiempo, la dimensión original del proyecto para el conjunto educativo conciliar creció en su frontera oriente, al adquirirse en otra temporalidad algunos predios vecinos que permitieron la creación del Seminario menor. Éste se ubicó, viendo de frente por su fachada principal al Seminario de San Pedro a su costado izquierdo; y por igual, su acceso principal da su cara a la fachada norte de la Catedral; con otro posterior, por la calle de Las Alcantarillas.

## Materiales y sistemas constructivos seleccionados

La cimentación es a base de mampuestos de caliza (*opus isodomum*) extraídos de los bancos de piedra vecinos por el norte de la zona urbana de época, asentada con un mortero de cal-arena[11]. Se desconoce su ancho y profundidad reales, pero su sección es vertical (a plomo) perpendicular al terreno y, seguramente como en otras obras estudiadas, de medio palmo más ancho que sobresale hacia afuera quedando más amplio que sus muros de carga; y sin repellado alguno, para permitir el ciclo natural de respiración de la piedra.

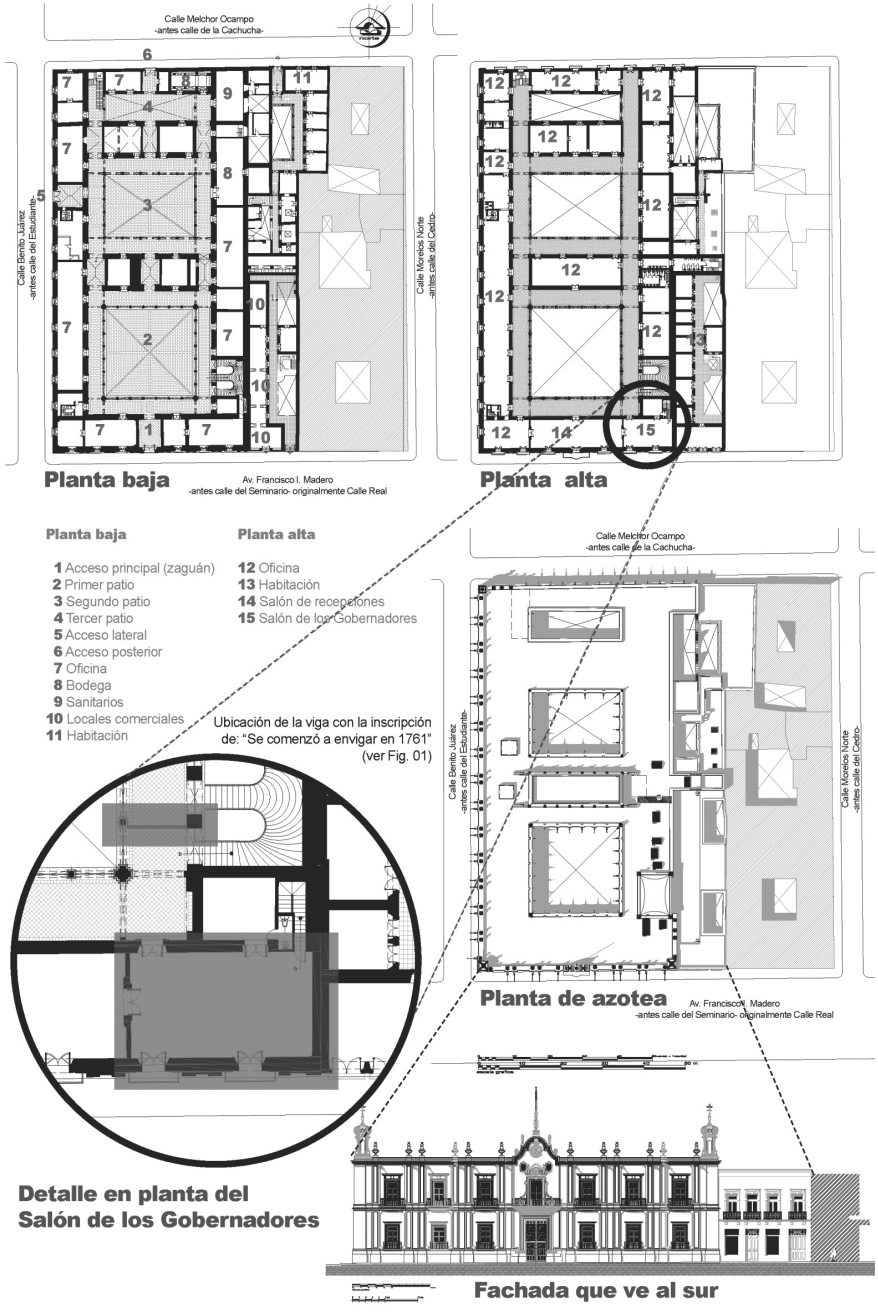



Figura 2
Proyecto del Seminario Tridentino, el cual se desarrolla en dos niveles y tres patios. Destaca el área donde se encontró el sistema de cubierta sujeto de estudio en esta investigación. (López et. al. 2001)

Los muros de carga se desplantan a partir de ésta. Son a base de aparejos (*opus isodomum*) en este caso con sillares de secciones grandes y regulares hasta alcanzar la altura dispuesta en el diseño original, que constituyen la pañería de su rostro exterior. Dispuestos para lucir visibles y libres de recubrimientos. Al interior, su cara se construyó con piedra de dimensiones irregulares (*opus incertum*), seleccionando una cara (rostreando) para dar verticalidad y uniformidad a este paramento. Dispuesto para recibir un repellado a base de mortero de cal-arena a veces con acabado enlucido.

Los marcos de puertas y ventanas fueron trabajados con cantería labrada de la zona, acorde a las plantillas y monteas trazadas por el maestro de obra en su primigenio diseño arquitectónico. Por igual, los elementos verticales: tanto los pilares del primer patio, como los otros pilares del segundo y tercer patios; a la par que sus arquerías perimetrales, que muestran el equilibrio en su diseño del hábil manejo de la geometría de trazo del constructor.

Destacamos aquí, la primera singularidad conceptual de Thomás Huerta, quien, en la actividad de obra de cantería para los soportes de las arquerías del segundo patio, en cada sección de los pilares le incorporó una trabazón -machihembrado-(Figura 3). Tal cual vemos en una pieza encontrada en un lote de piedras de reciclaje que, en su origen, aparentemente fue labrada por igual que las demás; pero que en su revisión antes de colocársele, dados los salvados y porosidad que acusan sus caras, le valió que no fuera autorizada su colocación, desechándola y retirándola inmediatamente de la obra. Pero lo inusual es que, su corte fue realizado tal cual se acostumbraba para machihembrar (escoplear) la madera -en la carpintería-. Más aún, a la fecha no hemos encontrado otro ejemplo como éste en nuestro territorio geográfico.

Figura 3
Fotografía de la sección de piedra del pilar, que cuenta con un sistema parecido al de «machihembrado» empleado en la carpintería para lograr el ensamblaje de dos piezas perpendiculares o verticales. (Coria 2022)

Siguiendo con la descripción de los muros, en la corona de éstos –al interior–, se propició un escalón a regla, indispensable para asentar sobre él la viga longitudinal al muro (denominada arrastre), que necesariamente desde tiempos antiguos se disponía para poder transmitir de manera uniforme al mismo muro las cargas de la cubierta. Encima de ésta, se coloca perpendicular al muro portante la viguería. Este sistema de cubiertas conocido como de «viguería y terrado»[12] se ejecutaba con vigas de madera de pino (blancas o de yarín), cuya sección, según la práctica de la época, variaba dependiendo del largo del claro a cubrir. Usualmente su base era de 6” (15 cm) por 8” o 9” (20 a 22.5 cm) de altura, siendo entonces «gualdras» al alcanzar tal desarrollo su dimensionamiento, para evitar su pandeo o flexión.

Las gualdras o vigas se colocaban en forma paralela unas con otras, cuidando la igualdad de los interespacios, para lograr una simetría. Siempre equilibrada partiendo de los extremos y colocando las primeras dos en contacto con los extremos de los muros perimetrales a tal espacio (salvo en los casos en que uno de los muros fuera tan sólo divisorio y no de carga; quedando entonces su corona al ras de la cara inferior de la viguería), debiendo así continuar la disposición geométrica (espaciamiento) de las mismas hasta el cuarto contiguo.

La distancia entre viga y viga guarda una relación directa con la altura de éstas, de manera de que, si la altura de la gualdra es de 9”, su separación debe responder a esta medida. De donde, al colocarse encima a su cara superior la tapa a base de ladrillo de barro rojo recocido de dimensiones promedio 0.28x0.14x0.02 m. cada una, o baldosas de igual material, pero de mayor sección para cubrir claros mayores y no dejar espacios intermedios sin abarcar con

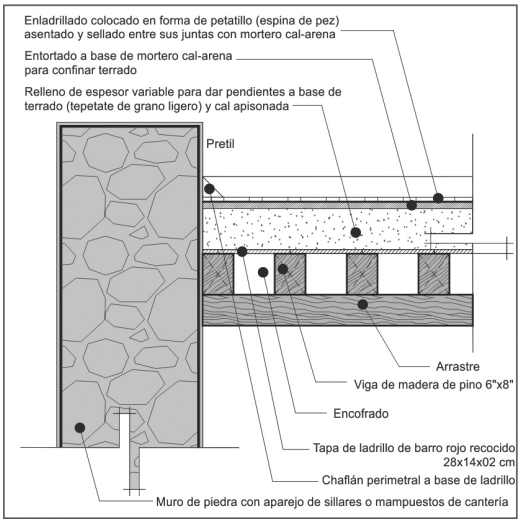



Figura 4
Croquis esquemático que muestra los componentes de una cubierta tradicional a base de «viguería y terrado». (Coria et. al. 2012)

esta tapa. O bien, empleando tejamanil (tabletas de madera de pino, rajadas en mojado con una suela), que puede ser colocado con diseños diversos; y también, aunque por igual tan solo encontrado en unos pocos inmuebles: el resabio (última lasca) del bloque que, aunque todavía es grueso, pero que ya no puede ser rajado (laminado) (Figura 4).

Encima de la tapa, tradicionalmente se colocaba sobre las maestras una capa de terrado apisonado de espesor (altura) variable para dar suficiente pendiente a la superficie final de la cubierta. Sobre esta capa se aplicaba un mortero de cal y arena de un grueso aproximado de 3 cm. para adherir la última capa correspondiente al enladrillado, que con un material similar al de la tapa (0,28x0,14x0,02 m) se instala siempre regleado y con un diseño en forma de petatillo (espinazo o espina de pez). Posteriormente se concluía con el sellado de las juntas con mortero de cal-arena.

Al confrontar este procedimiento constructivo de cubiertas que en estas latitudes se trabajó a lo largo de la época virreinal y que en los edificios de nuestro centro histórico encontramos a diestra y siniestra (a lo largo del tiempo, según hemos constatado de 45 años de práctica profesional), cuál habrá sido nuestra sorpresa al intervenir el edificio en el año de 1997 (hace 25 años) cuando al iniciarse los trabajos de restitución de azoteas en este sujeto de estudio[13], surgió lentamente al retirar capa por capa el enladrillado existente (siglo XVIII), como un proceso de obra diferente a las del resto, y que hasta hoy día no hemos vuelto a encontrar, ni física ni documentalmente.

¿Acaso no debemos indagar más acerca del ingenio y habilidades de Thomás Huerta?, de su saber, para conocimiento de causa averiguar si de *mutus* propio discurrió este proceso de obra, a causa de su propia capacidad de razonamiento y experiencia práctica; o bien, si lo leyó en algún tratado o documento que hasta hoy es desconocido por los estudiosos de la materia. Dado que aún no ha sido estudiado su legado, que bien podría aportar datos en este sentido, a partir de conocer los contenidos expresados en su testamento, tanto acerca de sus bienes materiales, como incluidos sus libros.

De donde, pasamos a presentar nuestro caso de estudio siguiendo de manera inversa los pasos del proceso constructivo antes descrito, aplicando criterios que se acercan a los métodos de los arqueólogos (arqueología-arquitectónica): a partir del retiro cuidadoso de la primera capa superior del enladrillado -en forma de petatillo-, y así consecutivamente; registrando cada paso de la cala, de afuera y encima hacia abajo del segmento de azoteas del Seminario Tridentino de San Pedro (hoy Palacio de Gobierno del Estado de Michoacán, México), que hasta entonces su cubierta conservaba las características constructivas originales dieciochescas.

## Un caso singular de cubierta

Autores como de Llorens (2000, 598), López (2000, 620), Ponce (2000, 853), Redondo (2000, 897); entre otros, nos han mostrado en sus investigaciones sobre Historia de la Construcción el uso del ladrillo en hiladas cuatrapeadas (en espina de pez) en elementos estructurales como bóvedas tabicadas, arcos y puentes. Sin embargo, durante el proceso de restauración del Seminario Tridentino, el hallazgo que cobra mayor notoriedad es la aplicación de estos principios en una cubierta encontrada exclusivamente en un espacio del inmueble aquí estudiado, el cual actualmente lleva por nombre el «Salón de los Gobernadores» (Figura 5), situado en la segunda planta en el costado derecho de la

Figura 5
Imagen del «Salón de los Gobernadores», ubicado en la esquina oriente de la fachada principal del hoy Palacio de Gobierno de Michoacán. (Rivera 1995)

fachada principal. Desde un inicio, este espacio destacó debido a la decoración de la viguería (los pares) con decoraciones que rememoran motivos mudéjar, asentadas sobre ménsulas de madera (Figura 6).

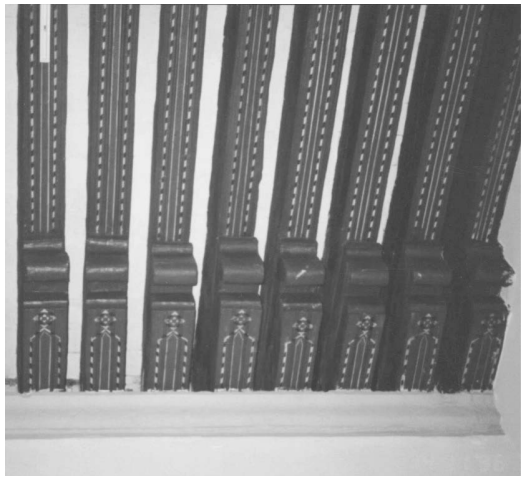


Figura 6
Fotografía del lecho bajo de la cubierta de la Sala conocida actualmente como Salón de los Gobernadores, donde se puede apreciar la decoración de la viguería. (Vargas 1997)

Dado que, de inicio se ignoraba el valor documental que aportaría nuestra primera cala, no se procedió como un proceso de búsqueda con rigor científico (arqueológico-arquitectónico), sino tal como mostramos en las imágenes, empleando medios manuales a base de cincel y marro; primero, se liberó la capa superficial de mortero, que en tiempos recientes (pero indeterminados) se había colocado sobre toda la azotea, para recibir un impermeabilizante asfáltico «en caliente». Segundo, al retirar la anterior capa apareció la última sección del enladrillado colocado en forma de petatillo (espina de pez), rejunteado con mortero de cal y, adherido al sustrato inferior mediante una capa de argamasa de mortero de cal-arena; tercero, continuando hacia abajo quedó expuesto un igual proceso de obra, pero con el enladrillado siguiendo una misma direccionalidad, toda sesgada a 45° en referencia con el muro exterior de la portada principal del inmueble (Figura 7).

Cuarto, otra capa igual de enladrillado, pero *au contraire*, también a 45°. Finalmente, tal como observamos en la última imagen (Figura 8), apreciamos que las piezas de ladrillo que actúan como «tapa» sobre la viguería del espacio denominado Salón de los Gobernadores, fue colocado en la forma tradicional; es decir, perpendicular a las gualdras.

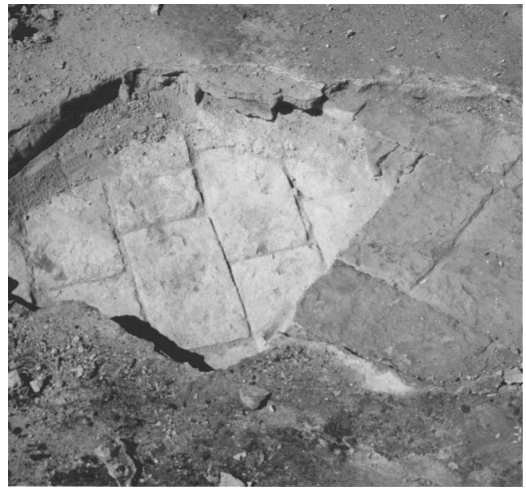


Figura 7
Fotografía tomada durante el proceso de obra en la cubierta de azotea donde ya había sido retirada la capa de mortero y el enladrillado y la última sección del enladrillado. (Vargas 1997)

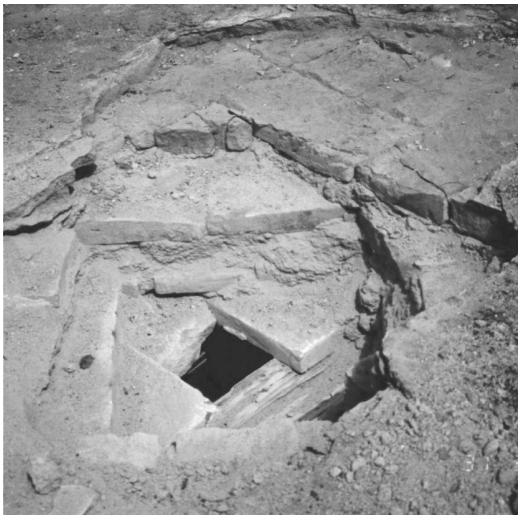


Figura 8
Imagen de la cala, que muestra las pautas del retiro del sistema de cubierta a base de capas diversas de enladrillado –según ya describimos–. (Vargas 1997)

## Reflexiones finales

El acompañamiento de datos históricos del edificio y de los respectivos planos del levantamiento arquitectónico, conjuntamente con los instrumentos, utensilios y medios de época, nos permiten entender el concepto de diseño creado por Thomás Huerta para lograr una modernidad en la habitabilidad del inmueble de fin del *siécle* XVIII, diseñado como institución de educación sacerdotal. Nos habla de un programa de necesidades que pertenece a un tiempo determinado y a un cliente singular; es decir, la Mitra michoacana, quienes a lo largo de la historia virreinal fueron grandes patrocinadores de obras en la ciudad de Valladolid, otorgándole a la ciudad ese perfil urbano clerical que nos legaron.

La oportunidad brindada por la Dirección de Protección y Conservación de Sitios y Monumentos Históricos de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas del Gobierno del Estado de Michoacán de participar como empresa constructora especializada en el rubro de la restauración de sitios y monumentos en las postrimerías del siglo XX, en la primera intervención unitaria de obra encaminada a la revisión integral del estado que guardaban las cubiertas del hoy Palacio de Gobierno del Estado de Michoacán (antes Seminario Tridentino),[14] nos permitió jugar un papel aportativo mediante la investigación del proceso de obra que nos ha ocupado en este trabajo. Y no es sino mediante este trabajo, que queda registrado el resultado del hallazgo.

Después del retiro, análisis y estudio de la cubierta dieciochesca encontrada en el Salón de los Gobernadores, la Autoridad responsable ponderó si era conveniente reintegrar el mismo sistema constructivo de azoteas a base de varias capas de ladrillo o modernizar y homogeneizar las cubiertas de «viguería y terrado». Se concluyó en que no se debería reintegrar el sistema de cubierta encontrado, ya que éste resultaba obsoleto a las técnicas de nuestro tiempo, extremadamente pesado y poco eficiente *versus* la incorporación de sistemas de impermeabilización a base de imperlaminados adheridos a fuego que de manera más eficaz, ligera y económica protegieran y alargaran la vida de los materiales perecederos de la cubierta y, a la vez, la del edificio propio.

## Notas

1. En el año de 1990, el centro histórico de Morelia recibió la declaratoria como Zona de Monumentos Históricos, un año más tarde, el 12 de diciembre de 1991 la UNESCO inscribió a Morelia dentro de la Lista del Patrimonio Mundial.
2. La primera generación de alumnos del Programa de Maestría en Arquitectura, Investigación y Restauración de Sitios y Monumentos, auspiciado por la Facultad de Arquitectura de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, se formó durante los años 1995-1997.
3. Patología: Estudia los daños constructivos sufridos por la selección de un proceso de obra (material, técnicas y ejecución del trabajo) vistos y analizados al tiempo. Aporta conocimiento nuevo en múltiples direcciones. El diagnóstico nos permitió establecer tanto la estrategia de reparación como las hipótesis de la prevención (Monje 1999).
4. Maestro de obra mulato oriundo de Valladolid, nacido en 1716 del matrimonio formado por Antonio Cortés y Graciana de los Reyes. A la edad de 27 años (1743) cuando contrajo matrimonio con la mestiza María Botello, aún empleaba su apellido familiar. Tiempo después, por razones que no han sido averiguadas cambió su apellido paterno, tomando el de Huerta. Tuvo tres hijos: Ma. Josefa, Ma. Tomasa y José Mariano a quienes otorgó en primer término el apellido de su padre, y en segundo el que él adoptó posteriormente a su matri-

monio: Cortés Huerta, mismos que él usó al final de su vida. En su acta de matrimonio quedó asentada su casta, como morisco; y en la de defunción, como mulato libre. Fue considerado junto con Diego Durán, Ascencio de Anaya y Valentín de Elizarraráz como los constructores de Valladolid durante el siglo XVIII, por la realización y participación en importantes obras promovidas por la Iglesia católica.

5. En 15 de septiembre de 1766, revisó y dictaminó conjuntamente con el cantero Ascencio de Anaya los trabajos efectuados por el maestro de obras Francisco Martínez Gudiño (Vargas 2015) para la reintegración del último cuerpo de la torre (poniente) dañada por un rayo en 1754, en la Catedral Vallisoletana. Como maestro de obras ejecutó en 1758 y hasta 1763 (Silva 1995) el diseño y construcción de El Colegio y Casa de Ejercicios de la Compañía de Jesús. De 1760 a 1770, construyó el Seminario Tridentino. A la par en 1766 colaboró en la erección de la Torre del Templo de la Tercera Orden de San Francisco, que aún puede apreciarse en la pintura del "Pingo Torres" de 1876. De 1772 a 1777 participó en la elaboración de arreglos y modificaciones en el Convento Dieguino y de 1780 a 1781 colaboró en la edificación de la Real Factoría de Tabaco, desafortunadamente, en esta obra fallaron los arcos por una mala construcción, atribuyéndosele este error a Thomás Huerta, lo cual ocasiono el embargo de todos sus bienes, así como su encarcelamiento, falleciendo tres años después. (Guzmán 1993).
6. Ya en el siglo XVII, dada la divergencia de opinión entre el obispo Fray Antonio de Guerra y el Cabildo Eclesiástico vallisoletano, respecto a la utilización (reciclaje y adecuación) del inmueble ya existente, empleado en la educación, que el primero proponía aprovechar; contra la fuerte oposición manifiesta de los miembros de su Cabildo, lo que obligó al obispo a solicitar del papa Clemente XVIII la cesión del inmueble para tal fin, a efecto de fortalecer su postura.
7. Obtenido de la Erección del Pontificio y Real Colegio Seminario del Príncipe de los Apóstoles del Sr. Sn. Pedro de la Ciudad de Valladolid y Constitución del mismo, México 1771, en la imprenta del Lic. Dn. Joseph Jáuregui.
8. Se considera esa fecha aproximada ya que derivado del hallazgo de una inscripción en una viga ubicada en el corredor Oriente de la Planta Alta con la leyenda: "se comenzó a envigar en el año de 1761" es posible plantear una serie de dudas sobre las fechas reales de la fábrica material del Seminario Tridentino.
9. El último poblano que tuvo relación con el Cabildo Eclesiástico de Valladolid fue el arquitecto Joseph de Herrera, quien en 1746 concluyó su valiosa participación en nuestra ciudad, mediante el diseño y ejecución de la fábrica material de las fachadas y torres de la Catedral vallisoletana. En 1747ya había sido investido con el cargo de Maestro Mayor de la ciudad de Puebla, por lo cual es improbable su presencia en Valladolid durante el diseño y la erección del Seminario Tridentino.
10. A partir de 1859, a Wodon le fueron encomendados los trabajos físicos para su reconversión, mismos que en diferentes momentos y encargos del gobernador en turno se sucedieron hasta 1904. (Vargas 2012)
11. Este sistema constructivo también fue conocido como de calicanto, el cual es una construcción hecha a base de cantos de piedra y mortero de cal.
12. Terrado: Sistema constructivo de cerramiento que consiste en colocar sobre la viguería una tapa de tablas, tejamanil o ladrillos una cama de tierra y cal y encima de ésta un recubrimiento de ladrillo o simplemente de cal ya sea para formar un piso o azotea.
13. La obra fue auspiciada por el Gobierno del Estado de Michoacán de Ocampo, en la cual se intervinieron las cubiertas de todo el edificio con el propósito de la restitución de la viguería, y sus trabajos se desglosaron en siete etapas que abarcaron del año de 1997 al 2002. Esta obra fue producto de una revalorización del patrimonio edificado promoviendo su conservación, mentalidad surgida en su conjunto por gobernantes y gobernados, quienes a través de obras como la que nos ocupa, reforzaron el espíritu de responsabilidad adquirido a partir del ingreso del Centro Histórico de Morelia a la lista del Patrimonio Cultural de la Humanidad de la UNESCO el año de 1991.
14. Con la salvedad que la mayoría de su superficie ya había sido intervenida a finales del siglo XIX y a lo largo del siglo pasado, que son muy difíciles de datar pues hay poca o nula información.

## Lista de Referencias

Chanfón, Carlos. 1997. *Historia de la Arquitectura y Urbanismo Mexicanos. Volumen II el periodo virreinal.* México: Fondo de Cultura Económica.

de Llorens, José Ignacio. 2000. La optimización de las estructuras de ladrillo en las bodegas de César Martinell (1888-1973). *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la construcción.* Sevilla: EFCA. 2: 595-601.

Guzmán, Moises. 1993. Valladolid de Michoacán: los constructores de la ciudad barroca. En: *Universidad Michoacana, Revista trimestral de ciencia, arte y cultura*, 7: 40-49.

López, Ana. 2000. Las bóvedas de los sótanos de poniente del Monasterio de El Escorial. *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la construcción.* Sevilla: EFCA. 2: 616-621.

Mazín, Óscar. 1987. *Entre dos majestades: El obispo y la Iglesia del Gran Michoacán ante las reformas borbónicas, 1758-1772.* Zamora: Colmich.

Monje, Juan. 1999. La patología y los estudios patológicos. *Tratado de rehabilitación. Tomo 2.* España: Munilla-Lería. 106.

Ponce, Mercedes. 2000. La bóveda tabicada como mejora higiénica y económica en la construcción militar de acuartelamientos. El Cuartel de la Puerta de la Carne (Sevilla). *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la construcción.* Sevilla: EFCA. 2: 854-857.

Redondo, Esther. 2000. Las patentes de Guastavino & Co. en Estados Unidos (1885-1939). *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la construcción.* Sevilla: EFCA. 2: 896-905.

Rivera, Lisette. 1995. Palacio de Gobierno. *Morelia Patrimonio Cultural de la Humanidad.* Morelia: UMSNH/Formal. 251.

Silva, Gabriel. 1995. El Palacio Clavijero y la Biblioteca Pública (ex Colegio y Templo de la Compañía de Jesús). *Morelia Patrimonio Cultural de la Humanidad.* Morelia: UMSNH/Formal.

Vargas, Jaime Alberto. 2012. *El ingeniero Guillermo Wodon de Sorinne. Su vida y producción arquitectónico-urbanística en la Morelia de la segunda mitad del siglo XIX.* Morelia: Edicolor Digital.

Vargas, Jaime Alberto. 2015. *Francisco Martínez Gudiño. Entallador, ensamblador, doradory retablista, arquitecto, agrimensor, valuador y asentista de aguas.* Morelia: Edicolor Digital.

# Arquitectura tradicional y construcción de «piedra seca» en la Sierra del Rincón (Madrid)

Fernando Vela Cossío

Presente en la práctica totalidad de la Península Ibérica, el «arte de la construcción de la piedra seca» se encuentra muy bien representado en la arquitectura tradicional de la Sierra de Madrid, un territorio en el que es frecuente su empleo tanto en la arquitectura residencial de sus núcleos de población (viviendas serranas) como en las edificaciones singulares de sus términos (ermitas, fuentes, molinos, puentes, tejeras, etc…), pero que predomina de forma muy señalada en las construcciones auxiliares de carácter agrícola y ganadero (cortes, cercas, chozos, corrales, eras, tinados, etc…)

La Sierra del Rincón ha conservado un valioso patrimonio construido con estas técnicas ancestrales de la «piedra seca» que se expresa en multitud de tipos arquitectónicos, todos ellos ejemplos representativos de la buena adaptación a las rigurosas condiciones del ambiente, a las características del territorio y a los usos sociales y económicos de las formas de vida tradicionales en esta comarca de montaña.

En este contexto, desde comienzos del año 2020 un grupo de especialistas vinculado al Centro de Investigación de Arquitectura Tradicional (CIAT), creado por convenio entre la Universidad Politécnica de Madrid y el Ayuntamiento de Boceguillas (Segovia), ha venido desarrollando un proyecto de investigación para la Dirección General de Patrimonio Cultural de la Comunidad de Madrid que incluye el inventario y catálogo de este valioso legado que forma parte del Patrimonio Arquitectónico de carácter etnográfico de los municipios madrileños de Horcajuelo, La Hiruela, Montejo de la Sierra, Prádena del Rincón y Puebla de la Sierra.[1]

## La técnica de la «piedra seca», Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad

A finales del año 2018, en la decimotercera reunión del Comité Intergubernamental para la Salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial, que se celebró en Port Louis (República de Mauricio), se aprobó la inscripción de los «conocimientos y técnicas del arte de construir muros en piedra seca» en la Lista Representativa del Patrimonio Cultural Inmaterial de la UNESCO (la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura), el registro que recoge las expresiones que mejor ilustran la diversidad del llamado Patrimonio Cultural Inmaterial, aquellas que contribuyen a construir una mayor conciencia social de su importancia como legado compartido de toda la Humanidad.

La propuesta de inclusión había sido presentada por ocho estados miembros de la UNESCO (la Confederación Helvética, Croacia, Chipre, Francia, Grecia, Italia, Eslovenia y España) y recogía distintos aspectos relativos a los valores de esta técnica de construcción ancestral, cuyo empleo se remonta a la Prehistoria, que permite levantar muros de piedra «a hueso», sin mortero ni argamasa, salvo tierra seca en algún caso. Se destacaba en la candidatura la propia dimensión tecnológica de esta forma de construir, re-

saltando que la selección y colocación del material resulta crucial para garantizar la estabilidad de las estructuras edificadas, pero se señalaba, además, su importancia determinante en la propia configuración y explotación de los territorios en los que se utiliza y su relación con las formas de vida que los caracterizan.

Las construcciones de «piedra seca» (*dry stone* en inglés; *pierre sèche* en francés; *pietra a secco* en italiano) han contribuido a dar forma a algunos de nuestros paisajes rurales de mayor belleza, empleándose desde tiempo inmemorial para prevenir deslizamientos de tierra y avalanchas, y también para combatir la erosión y la desertificación, favoreciendo la retención del agua y la conservación de la biodiversidad, facilitando así el desarrollo de la agricultura y de la ganadería. Quizá por ello resulta tan frecuente encontrar construcciones de «piedra seca» en multitud de paisajes agrícolas y pastoriles de muchas partes del mundo: muros de terrazas y bancales, casetas, bombos, eras de trilla, cercados, lindes, mojones, refugios de pastor, corrales, rediles, apriscos, parideras, tenadas y chozos, por citar sólo algunos de los términos que empleamos en español para identificar los tipos arquitectónicos más importantes.

Una buena parte de los oficios tradicionales que se desarrollaban en el mundo rural estaban estrechamente relacionados con las actividades agrícolas, ganaderas y silvo-pastoriles. Estos oficios «de la tradición» nos muestran las posibilidades de uso de todos los recursos que podía ofrecer el propio medio natural, así como de los conocimientos que hacían posible ese aprovechamiento. Estos oficios formaban parte de las costumbres heredadas de las propias comunidades rurales y vertebraban la vida cotidiana en todas sus facetas. Los conocimientos relativos a la arquitectura y la construcción popular constituyen, en este sentido, un campo de estudio especialmente relevante de la disciplina etnográfica.

Los conocimientos relacionados con las técnicas del «arte de la piedra seca» se han transmitido de generación en generación mediante una aplicación práctica ajustada a las condiciones particulares de cada lugar. En el complejo universo de la arquitectura tradicional, estas construcciones, como las propias manifestaciones culturales de carácter inmaterial que les dan soporte, nos ofrecen un marco de estudio óptimo para entender las formas y métodos de la cultura popular en sus relaciones con la Naturaleza, mostrándonos siempre una buena adaptación al medio natural y una constante preocupación por el mantenimiento del ecosistema.

Por otra parte, el estudio de los aspectos propiamente tecnológicos a través del análisis de testimonios representativos en el campo de la arquitectura tradicional y el patrimonio construido resulta fundamental a la hora de afrontar tanto los trabajos de levantamiento y documentación como los de intervención para la conservación y restauración de los ejemplares inventariados y catalogados. Por eso, la preservación misma de las prácticas y conocimientos de las técnicas tradicionales y la formación de especialistas en el empleo de éstas debería de ser considerado un objetivo verdaderamente prioritario. El estudio del «arte de la construcción de la piedra seca», como de cualquier otra técnica de edificación, requiere del análisis general de su dimensión tecnológica: las materias primas empleadas, los materiales de construcción, las técnicas y las herramientas, los desafíos de la puesta en obra. Levantar un muro de piedra sin mortero requiere una gran destreza y un buen conocimiento técnico del oficio. La obtención de la materia prima se realiza muchas veces despedregando el mismo terreno que se va a explotar. Las herramientas necesarias para la puesta en práctica de esta técnica ancestral son muy sencillas, empleándose el pico y el azadón en las labores de obtención del material, el cesto para las de acopio y transporte, y la maza, el cincel y la piqueta en las de puesta en obra. También hay que señalar el interés que puede tener el estudio de la terminología y el léxico empleado para la descripción tanto de las herramientas, útiles y técnicas de la construcción, como de los propios elementos edificados.

La inscripción de los «conocimientos y técnicas del arte de construir muros en piedra seca» en la Lista Representativa del Patrimonio Cultural Inmaterial de la UNESCO ha significado una nueva oportunidad para avanzar en la investigación, la catalogación y la protección de la arquitectura tradicional, una empresa a la que afortunadamente se van sumando cada día más instituciones, medios de comunicación, asociaciones, fundaciones y otros agentes de la sociedad civil, en un compromiso que resulta tan urgente como necesario. En el caso de España, la propuesta resultó avalada por las nueve comunidades autónomas que contaban entonces con un inventario de esta clase de construcciones, siendo un requisito la participación de las «comu-

nidades portadoras» en los propios procesos de protección y catálogo. Ese era el caso de Andalucía, Aragón, Asturias, Baleares, Canarias, Cataluña, Extremadura, Galicia y Valencia. Cabe esperar que, en breve plazo, puedan también sumarse a la declaración las grandes comunidades del interior del país (Castilla y León y Castilla-La Mancha) y, muy especialmente, la Comunidad Madrid, pues todas ellas atesoran igualmente testimonios muy valiosos de esta forma ancestral de construir que tanto ha caracterizado algunos de nuestros grandes paisajes culturales (Vela Cossío, 2021: 20-21).

## La construcción tradicional en la Sierra del Rincón (Madrid)

El marco geológico en el que se encuentra situada la Sierra del Rincón determina su tradición constructiva de manera evidente. A diferencia del resto de la Sierra de Madrid, donde la litología está formada fundamentalmente por rocas granitoides y gneises, en este extremo nororiental de nuestra comunidad la base geológica está fuertemente caracteriza por la singularidad de las rocas disponibles: pizarras y cuarcitas de tonalidades oscuras, marrones y oxidadas. Se trata de materiales metamórficos foliados que, a diferencia de otras rocas, poseen una estructura claramente anisótropa que condiciona su extracción y su empleo como material de construcción. Las pizarras y las cuarcitas son rocas formadas por minerales detríticos, principalmente silíceos de grano muy fino, orientados paralelamente entre sí. Estas rocas presentan esquistosidad lisa y alta fisibilidad (que es la capacidad de una roca para dividirse a lo largo de planos lisos de debilidad), lo que permite su extracción y exfoliación en planchas, características que van a determinar tanto su extracción en cantera como su manipulación y aplicación constructiva. Proporcionan piedras compactas con bajos coeficientes de absorción, entre el 1 y el 2,5 %, no heladizas, relativamente flexibles y tenaces mecánicamente, duras y difíciles de pulimentar pero que presentan caras lajadas, sensiblemente planas, que permiten su empleo en fábricas, cubiertas, revestimientos y solados. A diferencia del resto de rocas (areniscas, calizas, granitos, mármoles, etc…), que se obtienen en grandes bloques, las cuarcitas y las pizarras pueden ser extraídas en piezas menores como tacos, sillarejos, lajas y planchones y también, en el mejor de los casos, en los denominados ranchones, que son piezas irregulares e informes de dimensiones medianas que permiten su escuadrado y la obtención posterior de delgadas placas regulares, generalmente usadas en las cubiertas.

Algunos de los frentes de cantera que en el pasado abastecieron a esta comarca de la Sierra del Rincón son todavía hoy localizables y nos hablan de la existencia de procedimientos de extracción ancestrales, muy rudimentarios, destinados exclusivamente al consumo local. Encontraremos frentes de cantera en los que la extracción se realiza por métodos artesanales y de los que principalmente se pueden obtener tacos y lajas de pequeñas dimensiones, que tendrán espesores máximos cercanos a los quince centímetros y longitudes de no más de cincuenta, para evitar posibles rupturas por fallo en los asientos. En general, se trata de piezas fáciles de transportar y de poner en obra, ya que cuentan con dos caras planas paralelas coincidentes con el plano de exfoliación, lo que facilita su apilado en el transporte, así como el asiento y la traba de unas piezas sobre otras en la construcción de fábricas. Con estos tacos y lajas se construían tradicionalmente muros portantes y cercas de piedra en seco y mampostería de rajuela, fábricas de espesores medios en las que el empleo de morteros es muy reducido, a diferencia de las mamposterías actuales en las que los morteros de cemento son abundantes y adquieren una mayor presencia.

Con la piqueta y la maceta como herramientas principales, los mamposteros reconforman toscamente a conveniencia los tacos y las lajas, golpeando aristas y extremos inconvenientes en busca de la conformación de una fábrica compuesta por piezas irregulares pero cuyo resultado es un plano texturado característico, un plano que se percibe como un continuo homogéneo policromado en tonos marrones, oxidados, grises y verdosos de gran belleza. Las pizarras y cuarcitas son piedras difíciles de labrar, por ello el acabado es el propio lajado natural de sus caras y en los cantos transversales se perciben la infinidad de líneas paralelas derivadas de su origen sedimentario, previo a su metamorfización. Estas piezas, que se denominan «lanchas», del latín *planca* (*plancus*, ‘plano’, ‘tablero’), hacen referencia a la superficie lisa y alargada de las lajas de piedra plana de tamaño intermedio que se puede coger con una o con las dos manos fácilmente

Figura 1
Muro de mampostería de «piedra seca» (fotografía F. Vela Cossío, FVC)

Figura 2
Detalle de una mampostería enripiada o enrruchada (fotografía FVC)

La mampostería de piedra seca ha sido empleada desde tiempo inmemorial. Su empleo es resultado de una sencilla lógica constructiva, basada en el apilado en ordenados tendeles horizontales de unas piedras sobre otras, respetando una seria de reglas de trabazón longitudinal y transversal mediante las cuales se pueden levantar fábricas portantes, incluso de varias plantas (figura 1).

Una variante de la mampostería seca es la llamada «de rajuela», en la que se combinan tacos, lajas o «lanchas» de dimensiones medianas con otras pequeñas piezas, cantos y lascas que se emplean como cuñas para rellenar los intersticios del muro y calzar las piedras de mayor tamaño para obtener tendeles perfectamente horizontales. El término con el cual se denomina está variante técnica en la Sierra del Rincón recibe el nombre de «enrruchar» o «arruchar». Los «ruchos» (del latín *rŏtŭlus*, 'ruedecita', *rŏta*, 'rueda') serían las gravas, guijarros y otros pequeños fragmentos de piedra utilizados para este fin. En algunas comarcas próximas se emplea la palabra «garrujo» y también, de forma más amplia, la palabra «ripio», de ahí el uso del término «mampostería enripiada» (figura 2).

Los muros de rajuela se ejecutan tanto en seco como con asiento de mortero, que suele ser pobre, muchas veces simplemente de barro y, en ocasiones, mejorado ligeramente con cal. Las mamposterías ordinarias, más o menos concertadas y sentadas con los mismos morteros, pero empleados en cantidad más abundante, permiten construir edificaciones de mayor altura, en las que se utilizan mampuestos de mayores dimensiones que en las fábricas secas, normalmente muros de carga de entre un pie y medio y dos pies de espesor en los que la presencia del mortero mejora el funcionamiento mecánico. En función del tamaño de las propias edificaciones, podemos observar para la ejecución de las esquinas y aristas de los muros de fábrica el uso de los llamados «ranchones».

En esta arquitectura serrana, y al contrario de lo que sucede en la actualidad, cuando se disponía de los medios necesarios era habitual enfoscar la totalidad de las fábricas o, por lo menos, las de las fachadas principales. Estos enfoscados se realizaban a buena vista, empleando morteros de cal, y eran relativamente frecuentes en las viviendas y en aquellas construcciones de mayor categoría, entendiéndose estos revestimientos como una mejora estética y funcional de la edificación. La mampostería vista era sin embargo muy habitual en aquellas construcciones más humildes y sencillas (cortes, chozos, tinados, cercas, etc.) Hay que tener en cuenta que la piedra se encontraba a plena disposición del constructor popular mientras que el empleo de un revestimiento como el mortero de cal constituía una forma de distinción de la edificación que no todos podían permitirse.

Algunas construcciones, las menos, se distinguen por el empleo del granito, obtenido de áreas cercanas de la Sierra de Madrid. Aparece en las edificaciones de los núcleos urbanos, empleándose en fábricas y,

especialmente, en zócalos, dinteles, jambas y aristones, en un señalado esfuerzo que podemos interpretar igualmente en clave de reconocimiento y posición social.

Como sucede en buena parte de la arquitectura vernácula de la Península Ibérica, estas fábricas de piedra se acompañan de estructuras leñosas para la ejecución de las armaduras de las cubiertas, en los forjados y aleros, así como en los recercados de vanos, incluso en las peanas en los huecos más humildes. En este sentido, una gran variedad de especies forestales del entorno inmediato (roble, haya, serbal, tejo, acebo), conviven con el uso del pino de repoblación, para la construcción de estructuras y entramados de las edificaciones.

## Tipología de la arquitectura tradicional en la Sierra del Rincón

La arquitectura tradicional en el área del Sistema Central, a pesar de las variedades tipológicas de la construcción popular, responde en términos generales a dos grupos principales: la «casa serrana» y la «casa de entramado». Las primeras tienen la piedra como material fundamental, mientras las de entramado nos muestran el uso sistemático de estructuras leñosas. Estos dos tipos aparecen frecuentemente entremezclados, si bien las casas serranas son características de los núcleos de población más pequeños, predominando las de entramado en aquellas localidades que tuvieron una mayor importancia histórica y, por ello, un desarrollo urbano más acusado (Flores, 1974: 163-166).

Las casas serranas suelen presentar una o dos plantas y están construidas a base de muros de mampostería de piedra (cuarcitas, lajas de pizarra, etc…) que puede quedar vista o revestida (encalada, enfoscada o revocada). Como recuerda Flores se trata de construcciones de carácter hermético, bien adaptadas a las duras condiciones climáticas de este territorio. Se encuentran mimetizadas con el terreno y suelen presentar proporciones bajas, de escasa altura y mayor extensión en superficie, con morfologías que incluyen la propia vivienda y las edificaciones auxiliares que las acompañan (cuadras, establos, pajares, cobertizos, cortes, etc…) Las cubiertas presentan amplios faldones de teja cerámica curva, organizándose normalmente a dos vertientes, aunque es frecuente el «achaflanado» del piñón principal, con lo que el número de planos de cubierta pasa a ser de tres: dos faldones grandes y uno pequeño (Flores, 1974: 166).

Las estructuras leñosas que soportan estas techumbres están resueltas de forma sencilla, mediante estructuras de «par y picadero» y, más raramente, «a la molinera», con tablero de ripia o chilla (muchas veces obtenido de los propios trabajos de descortezado de la madera empleada para la techumbre) sobre la que se dispone la cubierta de teja o, a veces, de lajas de pizarra, tan característica de algunas áreas de la «Sierra de Ayllón»

Flores se refiere a este tipo de construcciones de los pueblos serranos con el nombre de «células tipo» que agrupan la casa y sus dependencias auxiliares, constituyendo volúmenes exentos, independientes de los demás, o pequeñas agrupaciones, lo que ha contribuido a caracterizar estos núcleos de población (Flores, 1974: 169). Para Matilde Fernández Montes, que ha estudiado la organización de estos núcleos de población, se observa un criterio de adaptación a la orografía serrana:

En general, rara vez se puede distinguir más de una calle con casas a ambos lados. Los edificios no se organizan ni en torno a esta vía, ni a la plaza, que es un ensanchamiento disforme donde aparecen algunas construcciones públicas de mejor fábrica, en más de una ocasión exentas en su centro, rompiendo la unidad del espacio. Viviendas humanas, casonas y pajares para animales se mezclan y adosan, siendo, en ocasiones, difícil distinguir desde el exterior a qué usos se destinan. La materia prima local (gneis y pizarras) da un tono oscuro y sombrío a estos pueblos, aunque no son frecuentes en la zona las lajas de pizarra pura, exfoliables en finas láminas que constituyen la cubierta en otras zonas del Sistema Central y que aquí se realiza siempre con teja curva (Fernández Montes, 1990: 137).

Pablo Navajas se refiere, entre los tipos básicos de núcleos, a los pueblos de alta sierra, a los que atribuye el carácter hermético señalado por Flores, con tramas de esquema lineal, «que se apoya en el camino principal que, por regla general, sigue una curva de nivel, con vías donde un cierto paralelismo a ésta puede suponerse y otras transversales y de mayor pendiente» (Navajas, 1983: 146).

Por su número, el principal tipo de edificación lo constituyen las viviendas, a las que siguen las edifi-

caciones auxiliares de carácter agrícola y ganadero (establos, cortes, cercas, chozos y tinados). A estos tipos fundamentales se suman las construcciones singulares (puentes, fuentes, tejeras, molinos).

## Viviendas

Las viviendas son habitualmente de dos plantas y están construidas entre medianeras. Conformaban conjuntos humildes de carácter urbano, resultado del rigor climático de la sierra, que obliga a la concentración de las edificaciones en pequeños núcleos. En ellas convivían las familias y las bestias, habitando estas últimas la planta inferior, mientras la superior se reservaba a la familia, que disponía de una cocina dotada del hogar característico y de varias estancias para dar servicio como alcobas interiores. La propia topografía del terreno determinaba la estructura urbana de los núcleos y la orientación de las viviendas, en las que se procuraba situar con orientación sur las estancias principales, independientemente de por donde se produzca el acceso a la casa.

Construidas desde la envolvente pétrea, el interior de las viviendas se resuelve mediante un entramado leñoso compuesto de pies derechos, imprentas y forjados de machón y tabla que definen su distribución. Las cubiertas suelen ser de «par y picadero» rematadas con aleros de madera. Para las cubiertas se usa hoy mayoritariamente la teja cerámica curva, dispuesta en canal y cobija, pero es muy posible que estas cubiertas fueran de piedra, y de barda, en época preindustrial.

Las viviendas más humildes nos muestran fachadas muy sencillas que quedan compuestas por la puerta de acceso, resguardada bajo un balcón que, en primera planta, suele dar servicio a la estancia principal. Estos balcones quedan, a su vez, protegidos por el alero de la cubierta.

Las viviendas de mayor entidad repiten la estrategia del portón resguardado por el balcón, pero adosando a la crujía central una o varias crujías laterales que se definen en fachada mediante huecos de ventana que flanquean el acceso, obteniéndose distintas composiciones de acceso central cubierto por balcón flanqueado a derecha, a izquierda, o a derecha e izquierda por ventanas.

A partir del último tercio del siglo XX es cada vez más frecuente el empleo de mamposterías ordinarias sentadas con mortero de cemento. Esta forma de construcción, que aprovecha la mampostería tradicional por su carácter compacto, desvirtúa los valores propios de la tradición, que hace uso de fábricas «en seco» o pobremente sentadas. Además, las fábricas han ido reduciendo su espesor, construyéndose hojas más esbeltas, lo que favorece un menor consumo de piedra. A cambio, desaparecen las opciones de reversibilidad de las fábricas y, con ello, la reutilización de las piedras. Por otra parte, ha sido muy frecuente el abandono, e incluso la prohibición, de la extracción de materiales en los frentes tradicionales de cantera, lo que ha obligado a importar piedra de otras comarcas y regiones.

## Construcciones auxiliares en casco urbano

Además de las viviendas, en los cascos urbanos es frecuente encontrar pequeñas edificaciones de escasa altura, construidas mayoritariamente entre medianeras, con una crujía de anchura, a las que se accede por un portón, en ocasiones acompañado de algún hueco. Se trata de pequeñas construcciones destinadas habitualmente al ganado porcino («cortes»). Suelen presentar cubiertas a una o dos aguas que discurren entre el adosamiento a las viviendas o sobre los muros piñones que soportan humildes cubiertas «a la molinera».

## Cercas y vallados

El territorio de la Sierra del Rincón ha quedado caracterizado por un paisaje construido de vallados y cercas de mampostería de piedra que sirven para el deslinde de prados y como cercas de las fincas agrícolas y ganaderas. Las cercas están ejecutadas mediante de muros de piedra seca, empleando lajas de pizarra y gneis, y también de cuarcita (figura 3).

Podemos distinguir dos grandes variantes en la construcción de cercas. La más espectacular es la que se construye mediante el empleo de «santos», grandes lajas de piedra que se disponen verticalmente en intervalos regulares a lo largo del recorrido del muro. El término «santo» podría proceder del latín *sānctus* (sagrado o consagrado) por su relación de semejanza formal con una hornacina dentro de la que se coloca la imagen de un santo en una iglesia; o bien de *sătĭō*,

Figura 3
Cerca de mampostería de piedra seca con gneis y cuarcita (fotografía FVC)

Figura 4
Cerca levantada mediante el uso de «santos» o «hincaderas» en el paraje de la Molilla, Montejo de la Sierra (fotografía FVC)

referido a algo que se ha plantado o sembrado, que es una voz latinizada que tiene su origen el gótico *satjan*, 'poner', 'colocar', 'hincar'. Así, los «santos» serían cada una de las piedras, más anchas en su parte inferior y que se estrechan un poco en la parte superior, que hacen las veces de machón o elemento estructural en la construcción de estas cercas de piedra seca. En otros ámbitos geográficos próximos se utiliza el término «hincadera». (figura 4).

El otro tipo de cerca está resuelto mediante muros de mampostería de lajas protegidos en sus coronaciones mediante el empleo de «coberteras», piezas que algunas veces pueden disponerse de forma horizontal sobre el muro, a modo de albardillas, pero que habitualmente se disponen verticalmente, formando un remate a base de lajas colocadas de canto sobre uno de sus lados mayores (figura 5).

## Eras de trilla

El cultivo de cereales constituye en esta comarca una actividad complementaria a la principal, que era la propiamente ganadera. En este agreste territorio de montaña, para poder llevar a cabo el trillado del cereal habían de disponerse las eras mediante la construcción de sendas plataformas horizontales levantadas a base de sutiles muros de contención ejecutados con las técnicas de mampostería en seco. Estos muros, que suelen tener en torno a 50 cm de espesor, permiten nivelar el terreno en pendiente. Sus coronaciones, como sucede también con las de los vallados y cercas, suelen estar rematadas mediante el empleo de lajas planas de gran tamaño que reciben el nombre de «coberteras» (figura 6).

## Chozos

Se encuentran dispersas en el territorio, constituyendo humildes construcciones levantadas para el refugio de los pastores. Tienen planta circular y se resuelven mediante muros de mampostería de «piedra

Figura 5
Cerca de mampostería de piedra seca con coberteras dispuestas de canto (fotografía FVC)

Figura 6
Eras de la Molilla, Montejo de la Sierra. Obsérvense las grandes piezas empleadas una como elemento de cimentación del muro y otra como «cobertera».

Figura 7
Vista general del chozo de la Montaña, Montejo de la Sierra (fotografía FVC)

seca» con techumbres de estructura de madera y cubrición de lajas de piedra o elementos vegetales (barda). Están formadas por un muro de mampostería cilíndrico que se construye en torno a un horcón central apoyado directamente en el suelo. Este elemento constituye un pie derecho que conserva el verticilo de la rama en forma de horcón, y sirve de apoyo a un tronco transversal sobre el que se dispone, a modo de forjado, una secuencia de palos de madera dispuestos de forma paralela que dan soporte directo a un tablero de ripia sobre el cual descansan las lajas de piedra que componen su cubierta. La madera, prácticamente sin seleccionar, no se escuadrada, disponiéndose mediante ramas en rollizo que apenas están descortezadas. Las cubiertas de laja de piedra de estos chozos pueden ser consideradas el último vestigio de lo que en origen fueron posiblemente las cubiertas de todas las construcciones (figuras 7 y 8).

Los chozos tienen poco más de un metro de altura y se accede ellos a gatas y con ciertas dificultades, disponiéndose un estrecho acceso por el único hueco que se ha practicado en su fábrica, y que se orienta siempre en la cara opuesta al viento dominante, abriéndose normalmente hacia el valle a favor de la pendiente del terreno para evitar la entrada de agua de escorrentía. El dintel de este vano de acceso se resuelve mediante el empleo de una laja tumbada de ciertas dimensiones e incluso se puede acompañar por dos jambas verticales resueltas también con piezas monolíticas.

Figura 8
Planos de sección y planta del chozo de la Montaña, Montejo de la Sierra (planimetrías Miguel Rupérez Escribano y Nuria González Roche)

## Corrales y apriscos

Son construcciones muy sencillas hechas para la custodia del ganado y para su protección, situándose frecuentemente en las majadas, término que sirve para referirse al predio situado dentro de un itinerario pecuario concreto (cañada, cordel o vereda), para hacer en él una parada de reposo durante el tránsito del ganado ovino trashumante y poder pasar la noche con seguridad. Los corrales se enclavan en parajes bien protegidos y lo suficientemente amplios para la construcción de estos grandes recintos para aprisco de los animales. Pueden ir acompañados de refugios cubiertos para los animales («tinados») y en ocasiones también para los pastores que los guían («chozos») (figura 9).

## Tinados

El tinado (o «tinao») es de planta cuadrada o rectangular. Se construye ligado a un corral de mayor tamaño, a la cual se adosa, frecuentemente en una esquina. Comparte las características constructivas de los chozos: mampostería de fabrica «en seco», cubierta de estructura leñosa, con horcones y elementos estructurales de madera y cubierta de barda, lajas de piedra o teja cerámica. Estas construcciones resuelven con elegancia la dificultad añadida de ejecución de las esquinas (figura 10).

Llama la atención la relación que guardan con las cercas, ya que cuando el tinado se sitúa en el lado inferior no se accede a la construcción desde el interior de la cerca mientras que cuando se ubica en la parte mayor es frecuente que se invierta esta situación. No parece existir una razón especifica de su ubicación con relación a la cerca, quizá relacionada con su situación respecto de las veredas y cordeles de acceso a estas majadas, pero se mantiene el ingreso al refugio en la cara contraria a la escorrentía por los motivos antes señalados.

El origen del término «tinado» o «tinao», procede del latino *tignāta,* de *tignum*, que designaba un ‘madero’, una ‘estaca’, una ‘tabla’..., siendo posiblemente un préstamo de las lenguas germanas. Tiene relación formal con el verbo latino *tĕgĕre*, ‘cubrir’. En comarcas próximas se usan variantes como “tinada”, “tenada” o “taina”. En esta comarca se hace también mención a los llamados «tinauchos», en diminutivo, para referirse a una pequeña construcción en la que los pastores pueden pasar la noche junto a las ovejas. Se realiza disponiendo varios palos oblicuamente,

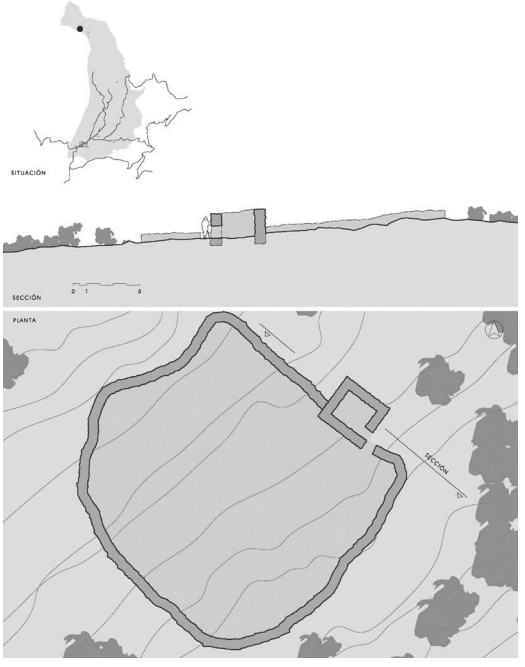



Figura 9
Planos de sección y planta del corral de Botones, Montejo de la Sierra (planimetrías Miguel Rupérez Escribano y Nuria González Roche)

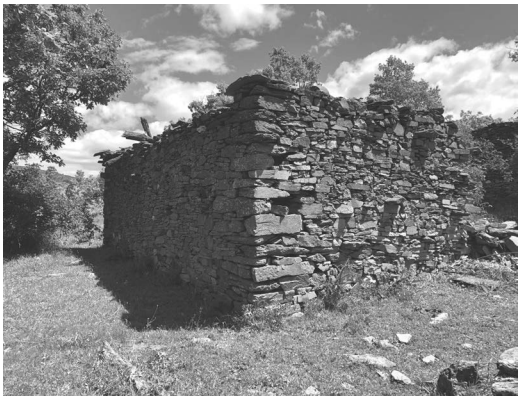


Figura 10
Muro de un tinado en Montejo de la Sierra (fotografía FVC)

por lo general cuatro, separados en la base y unidos en la parte superior, que sirven así de estructura para conformar un volumen cónico obtenido al disponer montones o haces de paja que hacen las veces de paredes, dejando un hueco como acceso, protegido de la zona más ventosa.

## Notas

1. El equipo investigador del proyecto, que se desarrolla bajo la dirección de Fernando Vela Cossío, está formado por los siguientes especialistas: Elena Agromayor Navarrete, Carlos Floriano Martín, Sara González Cambeiro, Nuria González Roche, Jaime de Hoz Onrubia, Gonzalo López-Muñiz Moragas, Miguel Ángel Rupérez Escribano, Ignacio Sánchez Ladrón de Guevara, Antonio Vela Cossío, Esther Villafruela Arranz y Eva Zarco Martínez. Deseamos dejar constancia expresa de nuestro agradecimiento a los Ayuntamientos de Horcajuelo, La Hiruela, Montejo de la Sierra, Prádena del Rincón y Puebla de la Sierra, así como a D. Luis Miguel Huertas del Pozo, D.ª Julia Fernández Fernández, D.ª Luisa González Frutos, D. Julio Hernán de Frutos y D. Manuel Frutos Acuña, a D.ª Eva Hernández Jorge (técnico de medio ambiente de Montejo de la Sierra) y D. Javier Gómez Aoiz (fotógrafo), así como a D.ª Victoria Polanco Mora, D. Mario Vega Pérez y D.ª Raquel Santos (Oficina de la Reserva de la Biosfera de la Sierra del Rincón), por la valiosa ayuda recibida. Los trabajos de inventario y catálogo del patrimonio cultural (material e inmaterial) relacionado con la arquitectura tradicional de los municipios de la Sierra del Rincón, que comprenden el estudio del paisaje cultural y de las técnicas de construcción con «piedra seca» en esta área, se han llevado a cabo al amparo de lo dispuesto en el artículo 83 de la Ley Orgánica de Universidades, que regula la realización de trabajos de carácter científico, técnico o artístico, y por encargo de la Dirección General de Patrimonio Cultural de la Consejería de Cultura, Turismo y Deporte de la Comunidad de Madrid en los años 2020 y 2021.

## Lista de referencias

Fernández Montes, Matilde. 1990. La evolución del hábitat en la comarca de Buitrago. *Arquitectura Popular en España*, 127-150. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Flores, Carlos. 1974. *Arquitectura Popular Española*, vol.3. Madrid: Aguilar.

Navajas, Pablo. 1983. *La arquitectura vernácula en el territorio de Madrid*. Madrid: Diputación de Madrid. Área de Urbanismo y Ordenación Territorial.

Vela Cossío, Fernando. 2021. El arte de la construcción de la piedra seca. *El Adelantado de Segovia*, 11 de julio de 2021, 20-21.

# El acueducto de la Cartuja de Santa María de Porta Coeli: Construcción y avatares de una obra de arquitectura e ingeniería en funcionamiento

Pedro Verdejo Gimeno
Pablo Navarro Camallonga
Verónica Llopis Pulido
Gracia López Patiño

La construcción del acueducto de la cartuja de Porta Coeli, responde a las necesidades de los monjes de la orden de San Bruno residentes en este cenobio, cuando a principios del siglo XV el interés e importancia del monasterio llegara a su plenitud y apogeo, con el consiguiente aumento de almas.

Su historia, llena de avatares desde que el agua empezara a discurrir sobre él, dará como resultado que, en la actualidad, aunque no ha perdido su percepción medieval, se haya visto alterado significativamente por las intervenciones sobre la obra primigenia (Hermosilla y Estrela 2011,153).

Pero sin duda, uno de los puntos más singulares que caracteriza este acueducto es que en la actualidad, sigue desempeñando su función original: la de abastecer de agua a la cartuja de Santa María de Porta Coeli.

La historia de esta cartuja se remonta casi un siglo y medio antes de la puesta en servicio de esta obra hidráulica. Será el 6 de noviembre de 1272, apenas 30 años después de la conquista de la ciudad de Valencia por Jaume I, cuando el obispo Andreu de Albalat junto a un reducido grupo de monjes colocarían la primera piedra de este imponente complejo monástico, manteniendo su misma actividad de forma casi ininterrumpida desde su fundación hasta nuestros días.

Situada en el valle del Lullén, a los pies del paraje natural de la Sierra Calderona (Serra, Valencia), la primitiva cartuja presentaba unas reducidas proporciones siguiendo las premisas de San Bruno de austeridad, sencillez y moderación. Ampliaciones y remodelaciones coincidirán con momentos de auge espiritual y económico, aunque también se experimentarán épocas de decadencia e incluso abandono, como en la desamortización de 1835, volviendo a ser habitado por los monjes cartujos tras la Guerra Civil (figura 1).

En sus más de más 750 años de existencia, la Cartuja de Porta Coeli es una consecución ininterrumpida de espacios que ha generado un gran complejo de planta irregular alejada de las habituales composiciones de los monasterios cartujanos, debido principalmente a la comprometida orografía en la que se ubica, y en el que se pueden observar etapas con diferentes estilos arquitectónicos, técnicas constructivas y materiales (Catalá 2019).

Durante sus primeros cien años de existencia la Cartuja no dejaría de ser un modesto convento de monjes de clausura que se iría consolidando poco a poco a base de donaciones reales y de la acción devota de los benefactores, deseosos de ser tenidos en cuenta en las plegarias e incluso ser enterrados entre sus muros con la esperanza de la salvación eterna.

Será a principios del siglo XIV (1396) cuando se convertirá en un centro diplomático fundamental de la Corona de Aragón gracias a sus vinculaciones con el papa Benedicto XIII de algunos de sus religiosos, como Bonifacio Ferrer o Francisco de Aranda. Esta situación tendrá relación directa con el aumento exponencial de sus ingresos y, en consecuencia, sobre incremento de inversiones en su expansión y crecimiento.

En este contexto, durante la estancia de Francisco de Aranda en Porta Coeli (1398-1438), se experi-

Figura 1
Imagen general de la Cartuja de Porta Coeli con su acueducto (foto de los autores)

Figura 2
Vista general del acueducto en la actualidad (foto de los autores)

menta una gran actividad benefactora hacia la Cartuja, que será decisiva para expandir y consolidar el modesto cenobio.

La gran obra de principios del siglo XV, ejecutada para dotar de agua de forma adecuada y suficiente al monasterio, será la construcción del acueducto y de las conducciones tanto previas como para la distribución interior a todo el conjunto. Es, sin duda, una de las obras emblemáticas del conjunto monástico y que, hoy en día, sigue suministrando agua ininterrumpidamente desde una de las fuentes cercanas al complejo monástico (figura 2).

## El acueducto de la Cartuja de Porta Coeli

La construcción del acueducto de la Cartuja de Porta Coeli consta de un único tramo, que alcanza los 218 m de largo. Está compuesto por secciones de muro y arquerías, y el conjunto muestra algunas reparaciones (arcos distintos, cegados, tramos de murarios etc.). Los arcos que continúan abiertos son 11, de los cuales 4 están parcialmente cegados, mientras que observando la fábrica se identifican otros 4 arcos totalmente tapiados. Las luces que salvan los arcos oscilan entre los 6,12 y los 6,80 m, a excepción de algunos arcos cega-

Figura 3
Levantamiento con escáner 3D del acueducto (elaboración propia)

dos parcialmente, cuya luz se reduce a 3,7 m, y un arco aislado de mayor luz (figura 3).

El desnivel que presenta el acueducto desde su punto de altura máxima hasta el nivel del suelo es de 21,05 m. El desnivel que define la pendiente del canal, desde el punto inicial hasta la llegada a la Cartuja es de 5,58 m. (lo que se traduce en una pendiente del 2,56%). Por otro lado, la altura que define las aberturas de los arcos en el muro oscila entre los 4,5 m. (los arcos más alejados de la Cartuja) y los 14,2 m. en la zona de mayor desnivel.

El grosor de la fábrica también varía considerablemente desde los 3 m. que presentan los paños de muro más cercanos a la cartuja, hasta los 82 cm. que tiene la fábrica desde la zona de la arquería más alejada. Esta esbeltez tan pronunciada explica la facilidad que ha tenido el acueducto para sufrir daños a lo largo del tiempo, pudiendo explicar del mismo modo las grandes deformaciones que sufre actualmente en algunas de sus zonas (figura 4).

## Sus orígenes y construcción

Previa a la construcción del acueducto, la elección del lugar para la construcción del monasterio no había sido algo trivial, pues el propio Andrés Albalat, obispo fundador, elegiría un lugar que destacaría por ser un enclave apartado, poblado todo él de pinares y «muy montuoso, ocupado de altas sierras, pero todas ellas muy amenas por la diversidad de fuentes que la riegan».

El monasterio se ubicará en un montículo rocoso, al lado mismo del barranco que tomará el nombre de la cartuja y que recoge el agua de los manantiales en las faldas de la sierra Calderona, aprovechando las edificaciones de un pequeño poblado moro.

Sus inicios serán muy austeros para acoger a una comunidad de 8 religiosos, por lo que estaría formado por poco más de un pequeño claustro, unas celdas a su alrededor, una iglesia de nave única y planta rectangular, soportada por arcos diafragmáticos típica «de reconquista» y algunas dependencias destinadas a almacenes y talleres.

Las construcciones de este primer periodo (1272-1324) no variarán mucho dado el escaso número de monjes y recursos materiales, por lo que las necesidades de suministro de agua no serán muy exigentes, transportándose el agua a cargas de una mula. Con el paso de los años, las necesidades irán aumentando por lo que, hacia 1323, se decide construir una canalización para aumentar el suministro y la continuidad de agua: «la casa se proveía de agua de la fuente de Xorret o de la del Bisbe …. trayéndola a cargas de forma que era menester un criado con una bestia y, en tiempo

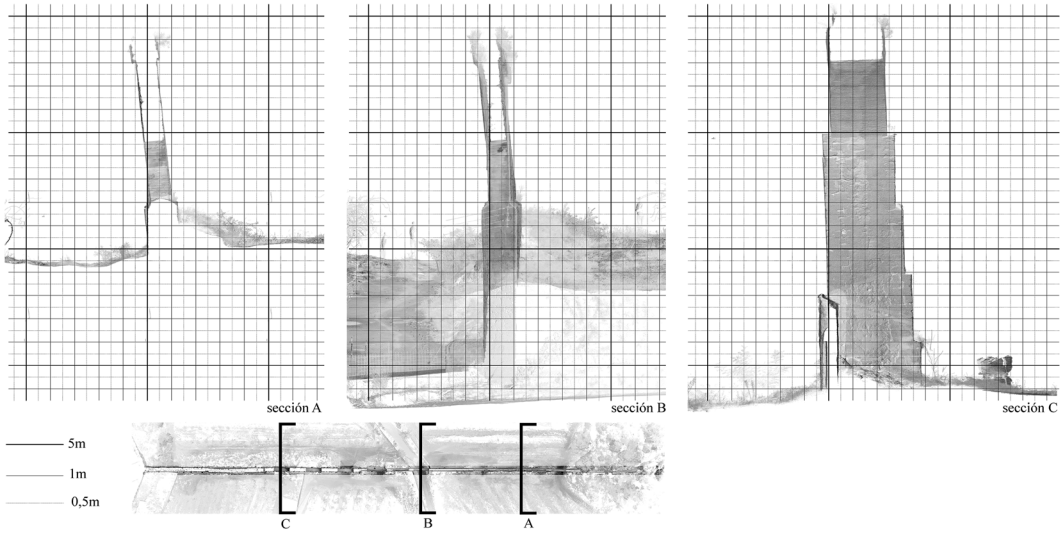



Figura 4
Cuantificación de los desplomes en las secciones de los muros a partir del levantamiento gráfico (elaboración propia)

de calores, aún dos no bastaban» (Civera 1766, 125).

Se encuentra documentado que la orden realizará el encargo a un moro de Valencia llamado Abrassim Albade, al que poco después de finalizar la construcción, se les obligaría a realizar de nuevo la «cañonada» por responsabilizar a dicho albañil y sus operarios como culpables de su rotura. Aunque la descripción de las obras es escueta, esta conducción podría haberse realizado aludiendo al sistema de piezas cerámicas o arcaduces, por ser un sistema utilizado comúnmente para el encauzado de agua de la época.

Se desconoce el motivo exacto, bien por las continuas roturas del conducto realizado o por no aportar suficiente caudal, de la construcción posterior de otra nueva conducción desde la fuente del Peix o de *Pohuet*, ubicada en el cercano barranco del Margen al norte del monasterio, que discurría enterrada **«tres o cuatro palmos»** bajo tierra siguiendo la orografía para acceder por donde actualmente accede el acueducto. (Ferrer 2019, 757)

Esta nueva conducción se pondría en funcionamiento a partir de 1405, salvando parte del desnivel previo a su entrada al monasterio mediante un muro, ya que aparece referido como **«u**n acueducto, pero su obra era diferente de la de los arcos», encargándose del cuidado de los trabajos el hermano Antonio Broll, converso de Portaceli, que aparece citado como «aperis aquaeductus».

Este acueducto, construido como una estructura muraria de tapia o mampostería, completamente maciza, no llegaría a tener la altura que salva el actual acueducto, pues, como atestiguan varios documentos de la época, al poco tiempo de entrar en funcionamiento, su conducción reventaría (Civera 1766, 126). Probablemente, la presión que ejercería el agua al salvar el desnivel hasta la cartuja sería la causa de esta primera rotura que, aunque fuera reparada, siguió dando problemas de forma continua por la misma causa.

Como consecuencia de las incesantes roturas y problemas para abastecer de agua de forma continua agua al monasterio, sumado al incremento de celdas para acoger el numeroso incremento de monjes, llevaría a que en 1412 comenzaran los trabajos para la construcción del acueducto que hoy en día podemos apreciar.

Aunque no se conocen claramente sus artífices (Ferrer 2019, 757), en algunos documentos se recoge el nombre de Joan Exarch como «inventor de su arquitectura» (Tarín y Juaneda 1897, 43-44), sabiendo que era amigo **íntimo** de Francisco Aranda.

Sorprende que en apenas siete años de construcción se pudiera ejecutar una obra de ingeniería de tan basta magnitud, pero el momento de auge del monas-

Figura 5
Vista de Porta Coeli tomada de los acueductos por François Jacques Dequevauviller, (1806-1820). (Biblioteca Valenciana Nicolau Primitiu, Generalitat Valenciana)

terio y la importancia diplomática de sus ocupantes, permitiría recabar importantes sumas de dinero para su construcción, proveniente no solo de sus promotores, Pere Camuel y Francisco de Aranda, sino también, como se ha comentado anteriormente, de numerosas donaciones, siendo difícil cuantificar de forma precisa la suma total gastada, aunque todas las fuentes coinciden en su elevado coste.

Las obras finalizarán en el año 1419 y el agua comienza a discurrir sobre el acueducto para acceder al sistema de distribución interior del monasterio (figura 5).

## Acontecimientos y vicisitudes desde su construcción

Pocos meses después de su puesta en funcionamiento, en enero de 1420, se produjo el primer colapso importante derrumbándose cuatro arcadas del acueducto:

> hizo tanta tempestad de ayres que derribó 4 arcos por ser menos gordos de lo que pedía su elevación; los que se volvieron a fabricar de ladrillo, y son los que están más cerca de la casa, y por esso tal vez pusieron la mencionada lápida contra las tempestades (Ribes 1998, 118)

Los trabajos de reconstrucción fueron supervisados por fray Juan Nea (Ferrer 2019, 755), describiendo con claridad los materiales y costos de las obras (figura 6).

También aparecen referencias a que en el verano de 1420 se produjeron daños importantes a causa de un incendio del bosque anexo al monasterio, por lo que el suministro de agua se vio interrumpido por precisar reparaciones, obligando a la comunidad a emplear seis bestias de carga para acarrear el agua hasta que se volviera a poner en funcionamiento el suministro de agua por el acueducto.

En 1432 el acueducto presentaba once arcadas con diferentes dimensiones para adaptarse a la orografía, momento en el que se iniciaron las obras para construir por el interior del complejo monástico los distribuidores de agua, para lo cual, desde los dos receptáculos existentes, se distribuirán dos ramales con conducciones de plomo que suministrarán agua a las diferentes dependencias y celdas del conjunto monástico (Ribes 1998, 118).

El suministro de agua del acueducto se aseguró mediante la ejecución de una nueva acequia de obra en 1438, que discurriría desde la fuente del Pouet hasta el mismo acueducto, aportando agua mucha más limpia y con menos partículas de arrastre.

Figura 6
Vista del acueducto donde se aprecia la convivencia de arcada de sillería y las reparadas de ladrillo (foto de los autores)

Figura 7
Vista del recrecido de unos de los pilares con muro de tapial (foto de los autores)

Figura 8
Vista de varias de las arcadas cegadas por el muro. En la primera se aprecia la reconstrucción completa del plano del acueducto y en la anexa, el refuerzo de la arcada (foto de los autores)

Será en 1490 cuando se alumbre una nueva fuente en la parte occidental del monte de la Hoya, que conllevará que se secara el viejo manantial del Pouet y se abandonara la antigua conducción (Fuster 2003).

No habrá de pasar de nuevo mucho tiempo para que el acueducto vuelva a tener problemas de estabilidad en sus fábricas, pues entre los años 1463 y 1487, se volverán a realizar trabajos de consolidación estructural mediante la construcción de un nuevo "pie cuadrado" en el pilar más próximo al antiguo estercolero del complejo, mediante el embrochado con muro de tapial del pilar original (figura 7).

En el año 1544 se produce, de nuevo, otro importe colapso en el acueducto, llegando a caer parte de la arcada más cercada a la Cartuja. Para su reparación se realizaron importantes obras de consolidación durante 1553 que cambiarían completamente la estética y el comportamiento estructural del acueducto, debido al cegado de varias de las arcadas más altas del acueducto mediante un muro sólido de 13 palmos en la base y 8 en su parte superior (figura 8). También se dispuso una nueva conducción de plomo para el transporte del agua (Tarín y Juaneda 1867, 44 y 285).

De las últimas referencias que se tiene de la distribución hidráulica en el monasterio, será ya entrado el siglo XVII cuando, aprovechando las obras en su interior para la construcción del nuevo claustro llamado «de los naranjos», se realizará la sustitución y enterrado de las antiguas conducciones de distribución interior que, al discurrir en altura por las paredes, habían ocasionado históricamente considerables problemas (Ferrer 2019, 756).

## Caracterización constructiva

La construcción de esta obra de transporte hídrico, al igual que otros acueductos del gótico valenciano, sigue la tradición romana en este tipo de obras, caracterizada por el uso de arquerías con arcos ojivales en sillería, manifestando el origen gótico de la estructura, y paños murarios de mampostería o tapial tomados con argamasa que merced, al empleo de materiales tan duraderos, ha llegado hasta nuestros días en un buen estado general de conservación.

Todos estos materiales pueden encontrarse en el término del priorato de Porta Coeli a modo de canteras de piedra caliza, carbonatos y sulfatos para la obtención de cal y yeso, a la par que pinares que proporcionaron las maderas necesarias para cimbras y andamiaje.

Siguiendo los preceptos cartujos de economía observables en el resto de las construcciones del monasterio, haría que la piedra labrada se empleara con restricción, recibida prácticamente a los soportes y formación de las dovelas de los arcos, empleándose en mayor medida piedras irregulares y ladrillos, cuyo uso se aconseja por el menor requerimiento de técnica que el de la piedra, a pesar de que Porta Coeli tiene que adquirirlos,

Teniendo en cuenta las sucesivas reparaciones y refuerzos, el acueducto se conserva en gran medida como se construyera en el siglo XV. El tramo más cercano al cenobio, está constituido por una elevada y gruesa pared, apreciándose las arcadas originales cegadas por muros fruto de las reparaciones. A continuación, se disponen tres arcadas resueltas con ladrillo como resultado de la intervención de Juan Nea en 1420, que descansan sobre prominentes pilares de sillería.

El siguiente tramo estaría formado por los 10 arcos restantes, dos de los cuales se encuentra también cegados mientras que el resto se encuentran ejecutados en sillería, descansando sobre gruesos pilares del mismo material, reduciendo su altura paulatinamente para adaptarse a la topografía.

Figura 9
Detalle del apoyo entre los sillares en la base de los pilares con la roca del terreno (foto de los autores)

Respecto al sistema de apoyo de los grandes pilares sobre el terreno, se ha comprobado que el acueducto asienta sobre una gran masa pétrea de piedra arenisca de tonos rojizos formada por cuarzo y feldespato, específicamente denominada rodeno rojo. Esta piedra se caracteriza por su dureza y resistencia, lo que determina que la cimentación se basa sencillamente en una capa de mampostería para regularizar la cota de apoyo y el arranque directamente de los sillares (figura 9).

La falta de uniformidad tanto en la fábrica del acueducto, en la altura y dimensión de sus arcadas, el espesor de sus muros y pilares, así como los diferentes añadidos de ladrillo y cegados de arcadas para asegurar su estabilidad, le han provocado el desvanecimiento de parte de la armonía compositiva de su obra primigenia, que, sin embargo, no ha perdido su visión general de imagen medieval. Por lo tanto, resulta evidente que la fábrica actualmente presente diversos tipos de materiales y técnicas constructivas superpuestas, que conviene considerar separadamente.

En primer lugar, hay que considerar la presencia del muro tapial como fábrica y técnica constructiva, en la que ripios pétreos, tierra y cal se aplican en encofrados. Esto se reconoce fácilmente por la textura que presenta el muro, por la presencia de las marcas de encofrados y pasadores, y por las costras de cal (figura 10).

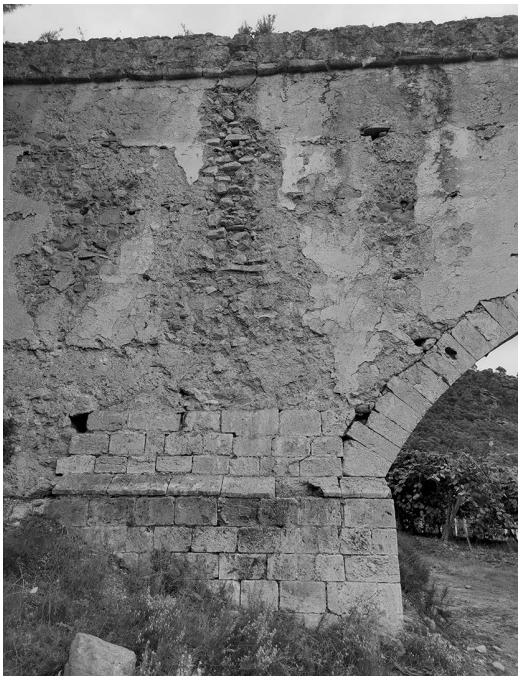


Figura 10
Vista del alzado de la zona inicial el acueducto, donde se aprecia la construcción y materiales originales (foto de los autores)

Figura 11
Vista del pilar y el arranque de los arcos ojivales, todos ellos ejecutados con sillería en la fase de realización de ensayos (foto de los autores)

En segundo lugar, hay que considerar la presencia de elementos de cantería en algunas zonas del acueducto, fundamentalmente pilares y arquerías. La talla de piedra permite poder definir la geometría de los arcos con precisión, y su mayor resistencia garantiza la estabilidad. Asimismo, en los pilares, la piedra permite resolver los paramentos exteriores y servir de encofrado perdido. Esta última técnica, conocida como «muro a sacco», descrita ya en Vitrubio (Perrault 1761), se ha podido constatar en este acueducto gracias a la tecnología de georradar aplicada a paramentos verticales (figura 11).

En tercer y último lugar hay que considerar la presencia también del ladrillo como material constructivo. El caso más evidente o inmediato es la conformación de las arquerías de la zona central de la obra, en la que se utiliza del mismo modo que la piedra en otros puntos. Este material tiene gran versatilidad y permite una gran rapidez de ejecución, además de un fácil modelaje a las distintas formas de sistemas de cimbrado. En el caso de los arcos centrales del acueducto, además, se detecta una particularidad en su disposición, y es la condición de radialidad de las fábricas en los arcos, a modo de dovelajes. Esto se debe a que en el momento de la construcción se replanteo la disposición de los ladrillos a modo de dovelas, girando no en torno a los centros de las curvaturas de las cimbras, sino en torno a un centro único para todo el arco. Además, estas fábricas de ladrillo tan cuidadosamente ejecutadas descansan sobre unas piezas especiales de cantería, a modo de enjarjes, para garantizar la correcta entrega y transmisión de cargas en puntos delicados (figura 12).

Figura 12
Detalle del arranque de los arcos de ladrillo en las arcadas reconstruidas (foto de los autores)

## Arquerías y geometría

En las arquerías presentes en esta obra hidráulica se detectan cuatro grupos de arcos, en los que cada grupo presenta un radio distinto, por lo que se deduce que cada uno se construye con su cimbra determinada, en momentos distintos. El grupo de arcos que mayor espacio ocupa es el más alejados de la cartuja que, por su uniformidad, puede afirmarse a priori que es el más antiguo que se conserva. La zona central y cercana a la cartuja presenta mayor variedad de radios fruto de sus intervenciones, lo que corroboran las fuentes documentales.

Las dimensiones de los radios en los grupos de arcos son las siguientes:

Grupo 1: 28 palmos / 7 varas (6,32 m.)
Grupo 2: 22 palmos / 5,5 varas (5,02 m.)
Grupo 3: 28 palmos / 7 varas (6,37 m.)
Grupo 4: 21,5 palmos (4,86 m.)

Se detecta que, en los grupos de arcos más antiguos, sí parece hacerse uso de la metrología en palmos, que, por otro lado, se materializa con normalidad en bóvedas y arcos de época medieval (hasta el s. XVI). En cambio, el último grupo no acaba de corresponderse con ningún sistema de medidas, lo cual se puede explicar a través del uso de cimbras conformadas de manera aproximada, sin una dimensión exacta.

## Caracterización estructural e hipótesis de las causas de su estado actual

Para profundizar en la investigación del acueducto resulta imprescindible la utilización de metodologías y técnicas de diagnóstico precisas para la apreciación de la realidad material, por lo que se ha utilizado el método de los elementos finitos (MEF) dados los buenos resultados que aportan en la caracterización de estructuras históricas, pues las características especiales de estas construcciones requieren ciertas condiciones de aplicación en el análisis para que los resultados sean fiables y, fundamentalmente, la utilización de modelos no lineales.

| MATERIAL | Densidad Kp/m3 | Módulo Deformación E, Mpa | Coeficiente Poisson | Resistencia compresión fc, (Mpa) | Resistencia tracción ft, ( Mpa) |
|---|---|---|---|---|---|
| Mampostería | 2100 | 10000 | 0.18 | 3 | 0,05 |
| Fábrica de ladrillo | 1800 | 7000 | 0.2 | 2 | 0,1 |
| Piedra | 2400 | 20000 | 0.2 | 8 | 0,3 |

Tabla 1. Parámetros mecánicos de los materiales utilizados en las simulaciones (elaboración propia)

En base a la nube de puntos obtenida en el levantamiento tridimensional, se ha trabajado sobre un modelo de sólidos 3D, con un mallado de 67.343 elementos tetraédricos, que configuran el acueducto en su conjunto.

En un primer acercamiento se han realizado simulaciones para obtener el comportamiento actual, utilizando valores conservadores en cuanto a los parámetros mecánicos de los materiales que configuran el acueducto (sillería, mampostería y la fábrica de ladrillo), caracterizados por su baja capacidad para desarrollar tensiones de tracción, en cambio, con una aceptable resistencia a la compresión (tabla 1).

Los resultados obtenidos no arrojan efectos claros que permitan comprender las graves deformaciones existentes en la actualidad, pues las deformaciones en función del Z (vertical) y de tensiones principales no son relevantes (figura 13), por lo que podrían ser debidas no tanto a un fallo estructural o material, como de un mal funcionamiento de la conducción del agua, lo que podría haber provocado lesiones por filtraciones.

En un segundo estadio de ensayos, se está simulando el acueducto con la geometría previa a los colapsos históricos sufridos, introduciendo cargas horizontales importantes para simular grandes rachas de viento, como se describe en las fuentes de la época. Ello permitirá comprobar si los errores pudieron ser por un incorrecto diseño o por una ejecución poco cuidada.

## Conclusiones

La construcción del acueducto de la cartuja de Porta Coeli debe entenderse como una obra hidráulica de enorme envergadura para los nueve años que duró su construcción y que, sorprendentemente, sigue abasteciendo de agua al monasterio.

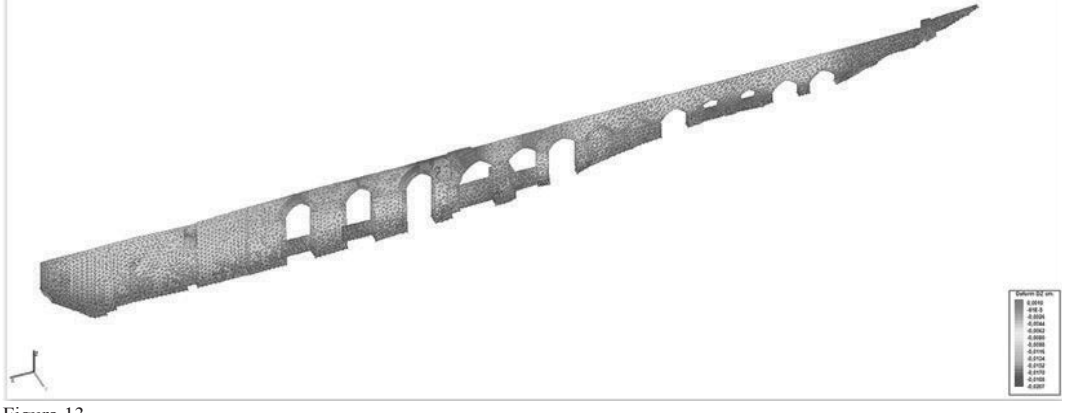


Figura 13
Imagen de los resultados de tensiones obtenidas por el cálculo de elementos finitos con el software ANGLE (elaboración propia)

Se ha procedido a su acercamiento comprobando en primer lugar sus fuentes documentales, lo que ha permitido entender cómo los avatares a lo largo de su historia han modelado su aspecto actual, sin embargo, no han aportado más datos sobre la autoría técnica de su construcción, ni de las posibles causas históricas que permitan aclarar su estado actual, presentando un importante desplome horizontal en su parte más alejada del cenobio.

La realización de un levantamiento exhaustivo mediante nube de puntos y su posterior triangulación han permitido conocer de forma fidedigna sus dimensiones reales, así como cuantificar las deformaciones y desplomes que presenta actualmente.

Gracias a los ensayos nos destructivos realizados con el uso de georradar, se han podido constatar que no existen asientos ni ningún problema en su cimentación o plano de apoyo, descansando todo el conjunto en un terreno rocoso de rodeno.

Bajo la misma tecnología, el estudio tridimensional de la composición de sus muros ha posibilitado conocer su heterogeneidad interior, detectando incluso la existencia de oquedades significativas que pueden, en parte, estar detrás de las causas de sus deformaciones actuales junto a su esbeltez geométrica.

## Notas

1. Declarada Bien de Interés Cultural, con la categoría de Monumento por el DECRETO 164/2006, de 27 de octubre, del Consell.
2. Del árabe hispánico *alqadus*, y a su vez del clásico *qadus*, tomado del vocablo griego *kados* –cántaro– que se refiere tanto al cangilón o «alcaduce de noria» como al tubo de barro o «alcaduce de aguaducho», que sería el caso que aquí estudiamos.
3. Se estima que el coste total de la obra es de 15.000 florines, equivalentes a 165.000 sueldos, lo que implica una cuantía más que considerable para la época.
4. Civera 1766, nº 126 cita: "tienen la largaría los arcos de 944 palmos, de elevación 75 palmos, de anchura 7 palmos".
5. Se gastaron en peones 12.621 sueldos, 4 dineros, compró 39500 ladrillos y 306 docenas de capazos e hizo traer 117 cargas de arena del río de Valencia (Ribes 1998, 118).
6. Es interesante comprobar el incremento de necesidad diaria de agua a principios de siglo XII, con el uso de una sólo animal de carga frente a los seis que se necesitaran 1420, lo que representa el incremento sustancial de almas en el monasterio.
7. Como el acueducto de Morella, Segorbe o Alpuente.

## Lista de referencias


ANGLE. *Structural Analysis Software for Finite Element*. 2014. Developed by A. Alonso. Department of Mechanics of the Continuous Medium and Theory of Structures. Valencia: Universitat Politècnica de València.

AA.VV. 2003. *Les Cartoixes Valencianes*. El Puig: Fundació Pública Municipal per a la Cultura i l'Educació del Puig

Catalá Gorgues, M. A. 2019. *Conventos y monasterios valencianos*, volumen I. Valencia: Sargantana.

Civera, J.B. 1766. *De Rebus Monasterii Porta-Coeli. 1272-1709*, transcripción del P. José Pastor, del libro "ttius" del P. Juan Bautista Civera. Fondo antiguo de la Biblioteca de la Facultad de Geografia e Historia de Valencia.

Ferrer Orts, A. 2019. Christus rex venit in pace, Deus horno factus est. obra de l'aqüeducte de la cartoixa de Portaceli en temps de Francesc d'Aranda (1393-1438). *Revista Afers: fulls de recerca i pensament*, nº 94, pp. 745-766

Ferrer Orts, A., Ferrer del Rio, E., Fuster Serra, F. 2020. *Juan Antono Eixarch et alii. Catàleg de benefactors de la cartoixa de Portaceli (1272-1688)*. Valencia: Universitat de València

Fuster Serra, F. 2003. *Cartuja de Portaceli. Historia, vida, arquitectura y arte*. Valencia: Ajuntament de València, pp. 181

Hermosilla Pla, J.; Estrela Monreal, T. 2011. *El Patrimonio Hidráulico Histórico en el Ámbito Territorial de la Confederación Hidrográfica del Júcar*, colección Patrimonio hidráulico. Valencia: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Universitat de València

Juan Eixarch, A. 1564. *Catálogo de Benefactores de la Cartuja de Portaceli, años 1272 a 1688*. Archivo PP. Dominicos de Valencia.

Perrault, Claude. 1761. *Compendio de los Diez Libros de Arquitectura de Vitruvio*, Madrid: Imprenta de D. Gabriel Ramírez. Consultado en Sociedad Española de Historia de la Construcción https://www.sedhc.es/biblioteca/tratado.php?ID_pubD=41

Roca, P.; Cervera, M.; Gariup, G. y Pela, L. 2010. Structural Analysis of Masonry Historical Constructions. Classical and Advanced Approaches. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 17: 299-325.

Ribes Traver, M. E. 1998. *Los anales de la Cartuja de Porta Coeli.* Valencia: Diputación de Valencia.

Tarin y Juaneda, F. 1897. *La Cartuja de Porta – Coeli,* (Valencia). *Apuntes históricos.* Establecimiento Tipográfico de Manuel Alufre. Valencia: ed. Facsímil librería Paris Valencia, 1986

Zaragozá, A. 2000. *Arquitectura Gótica Valenciana*. Valencia: Generalitat Valenciana. Ed. Consellería de Cultura i Educació.

# La escuela del concreto en Bogotá 1950-1970s, una carrera por la innovación

Camilo Villate

La aparición de edificios altos en las ciudades se asocia a la aparición de la tipología del edificio de oficinas. Es así como inicialmente en Chicago a finales del siglo XIX, aparecerá la tipología del rascacielos. Desde ese momento estos edificios generarán el desarrollo de la estructura en esqueleto metálico, esta tecnología estructural será adoptada en la mayoría del mundo para la construcción de edificios altos.

Desde mediados del siglo XX en Bogotá, de manera paralela y un poco opuesta, ingenieros y arquitectos, trabajando colaborativamente, van a desarrollar mediante procesos de innovación, edificios cada vez más altos en estructura en concreto armado.

La importancia en el uso magistral del concreto en Colombia y específicamente en Bogotá, por parte de nacientes firmas locales de Ingeniería Arquitectura y Construcción, se confirma con la presencia de magníficos edificios de oficinas de diferentes profesionales y firmas.

Es reconocido el trabajo colaborativo que caracterizaba a estas firmas y permitía el clima organizacional propicio para la innovación en el uso del concreto. Muchos de estos edificios inclusive han desaparecido y, por tanto, es importante evidenciar su valor patrimonial que muchas veces no es fácilmente identificable por cuanto esta asociado a procesos constructivos innovadores en el uso del concreto en estructura como en fachada en diferentes versiones y que además dieron pie a patentes y sistemas aún utilizados en el mundo.

Este trabajo utiliza la investigación desarrollada en varios casos de estudio realizados sobre edificios correspondientes a este periodo, comparando y evidenciando como las diferentes firmas competían, muchas veces inclusive en concursos de arquitectura, para ganar los encargos mediante diseños que le apuntaban a lograr edificios de arquitectura moderna: con fachadas que mostraban las posibilidades plásticas del concreto y plantas flexibles libres de elementos estructurales en edificios altos en la condición local de Bogotá de alta sismicidad.

## Introducción

Bogotá, al igual que muchas otras ciudades, durante las décadas comprendidas entre 1950 y 1970, se va a ver poblada por edificios cada vez más altos que muestran como componente común, el uso magistral y experimental del concreto reforzado como material estructural.

El presente trabajo muestra en tres momentos y sectores de la ciudad, como desde comienzos de siglo y hasta los años 60´s las firmas locales de arquitectura, Ingeniería y Construcción, van a embarcarse en una búsqueda de, por una parte, mayores alturas, y por otras mayores eficiencias en lo arquitectónico, tecnológico y estructural. Finalmente, se resumen las innovaciones detectadas desde esos tres ámbitos y sus diferentes niveles o tipos de innovación.

## Etapa inicial - Los rascacielos de la Avenida Jiménez 1926- 1950

La exploración del concreto armado como material estructural para edificios en altura en Bogotá, se da inicialmente y de manera experimental con la aparición de los primeros rascacielos sobre la avenida Jiménez. Esta avenida en el centro histórico de la ciudad, y que en los primeros años significaba el borde norte de la ciudad, debe su trazo sinuoso a que sigue el curso del río San Francisco (antiguo río Vicachá), hoy canalizado en subterráneo bajo lo que hoy se denomina: eje ambiental de la avenida Jiménez.

El edificio Cubillos, con estructura en concreto y ubicado en la esquina de la carrera 8ª con avenida Jiménez, la más importante de la ciudad para ese momento, será terminado en 1926 y representa el interés de dotar a la ciudad de edificios altos a la manera de las grandes ciudades. Para esto se recurre a la utilización de lenguaje arquitectónico, materiales y técnicas no conocidas en el país. Su composición tripartita recuerda lo establecido para los edificios de la Escuela de Chicago (Sullivan 1896), pero estos edificios y a diferencia del Cubillos, se caracterizaban también por disponer de ascensor y estructura de esqueleto en acero. Para la construcción de este edificio, el más alto de la ciudad en su momento, fue necesario importar materiales como cemento y tuberías entre otros, además de mano de obra especializada (Villate y Tamayo 2012). Alberto Manrique Martín su diseñador, se inclina por un estilo norteamericano, en referencia a los rascacielos de Chicago, a pesar de estudiar otra alternativa de arquitectura francesa (Arango 2017). Este edificio va a representar para la ciudad el comienzo de una era de modernidad en su arquitectura: «el cemento y la arquitectura moderna irán dando a Bogotá una faz distinta a aquella que marcó la Colonia» (Mundo al día 1927).

En la década de los años 40´s y luego de la construcción del edificio Cubillos, van a quedar terminados de manera casi simultánea y en el mismo sector, varios de los edificios más altos, de la ciudad.

El siguiente rascacielos en aparecer, y que muestra ampliamente el dominio del concreto como material estructural, es el edificio Henry Faux de 1945 del arquitecto español y quien llega a Colombia exiliado de la guerra civil española, Santiago Esteban de la Mora. El edificio está ubicado en la esquina de la Avenida Jiménez con carrera 7ª. Con diez pisos se convertirá en el más alto de la ciudad al superar en altura al edificio Cubillos. A este edificio en el año 1948, lo precederán otros de similar tamaño y también con estructura en concreto, como son el Edificio Monserrate y el Hotel Continental, ubicados a pocos metros al oriente sobre la misma avenida Jiménez. Para este mismo año: 1948, se terminará también el edificio para la Caja Colombiana de Ahorros, el cual, de manera experimental, utiliza para la configuración de la estructura en acero de 15 pisos, la más alta de la ciudad para ese momento, perfiles de acero importados de la American Bridge Co (Téllez 1988).

## Búsqueda de altura y modernismo. Los rascacielos de la carrera décima

Durante el año 1945 al alcalde Juan Pablo Llinas, le interesa que la ciudad cuente con una avenida amplia de 40 metros de ancho que conecte de sur a norte la ciudad, para ello existe la conciencia que para tal fin, es necesario demoler varias «viejas construcciones» como el salón Olympia, La iglesita de San Juan, entre otros (Niño y Reina 2010). En junio de 1947 Le Corbusier llega por primera vez a Bogotá invitado por el gobierno nacional a dictar dos conferencias. Esta primera visita en 1947 ocurre en el momento ideal por cuanto la ciudad ansiaba pasar de ser un pueblo grande de 600.000 habitantes a una ciudad moderna. Como producto de esta visita surge un preacuerdo para la producción de un gran plan urbano entre el gobierno de la ciudad y el gran maestro. El plan piloto, como se denominará luego el trabajo de Le Corbusier para Bogotá, dará los lineamientos iniciales que se definirán en mayor detalle en un plan regulador, este último a ser elaborado por los arquitectos José María Sert y Lester Wiener (O´Byrne 2017).

En 1951, cuando Le Corbusier regresa a Bogotá, la ciudad ha cambiado: el 9 de abril de 1948, con los acontecimientos de lo que se conoce como el bogotazo, deja buena parte del centro de la ciudad en ruinas, esto producto de la asonada popular como efecto del asesinato de Jorge Eliecer Gaitán. Para ese año el plan piloto o director, se encuentra listo y a pesar de que no fue seguido plenamente por los planificadores de la ciudad, si se va a incluir el trazo de la carrera décima como la gran avenida que va a llevar a Bogotá hacia la modernidad (Niño y Reina 2010).

Esta avenida de varios carriles, entre los años 1945 y 1960, se abrirá paso demoliendo construcciones y dando paso a la aparición de solares para la edificación de modernos edificios de oficinas. Es así como la mayoría de firmas de arquitectura de la ciudad van a desarrollar allí múltiples encargos de edificios de renta y sedes de muchas de las empresas del país. La carrera décima, para ese momento representa claramente la oportunidad para firmas y promotores, de posicionarse y ubicarse literalmente en la avenida de la modernidad. Sobre la carrera décima hoy es posible ubicar varios edificios que representan avances importantes en el uso magistral del concreto a la vista para fachadas en piezas prefabricadas y fundidas in situ.

Pero en temas estructurales en el uso del concreto armado, en este periodo y lugar, no van a haber grandes aportes; a excepción del caso del edificio para el Hotel Tequendama de 1951. Desde 1945 se comienza a planear la construcción de un gran hotel para la ciudad, éste es ubicado en la carrera décima con calle 26. Inicialmente denominado como el Hotel San Diego y con 18 pisos en estructura de concreto, es encargado a la firma de arquitectura e Ingeniería más importante del país: Cuellar Serrano Gómez.

Doménico Parma, el Ingeniero estructural responsable de la estructura en concreto del Hotel Tequendama, aprovecha el encargo de diseñar la estructura más alta de la ciudad, para experimentar a gran escala su recién patentado sistema de entrepisos: reticular celulado o sistema RET-CEL. Este sistema que hace parte de varios desarrollos tecnológicos que patenta Parma, y que inicialmente fue utilizado exitosamente en el año 1948 para una pequeña edificación, el edificio Nader (Varini 2004), consiste en cajones cuadrados prefabricados de concreto que ahorran tiempo en la etapa de construcción (Vargas 2012). El haber utilizado el sistema de entrepisos RET-CEL explica el tiempo record de un año para la construcción del edificio más grande de la ciudad.

## Concreto como innovación - Los rascacielos de concreto armado años 60´s

Luego del boom edificatorio de la carrera décima, durante los años 60´s, Bogotá se va a seguir desarrollando en altura en diferentes sectores. Las firmas de arquitectura a partir de esos años van a entrar en una carrera por desarrollar obras de arquitectura que se caracterizan por evidenciar grandes aportes en innovación, es especial en sistemas estructurales (Villate 2018a). Dos hechos van a ser definitivos como impulsadores de esta búsqueda de innovación: por una parte, en 1962 se realiza la primera Bienal de Arquitectura en Colombia, y por otra, durante este periodo los encargos más importantes de arquitectura de entidades tanto oficiales como privadas van a ser adjudicados en buena medida mediante concursos privados y públicos (Villate y Tamayo 2012a). Este par de hechos, sumado a que las recién fundadas firmas locales deben competir por recibir contratos a partir de su trayectoria, van a ser detonadores de la búsqueda de innovación representada en calidad, eficiencia, flexibilidad espacial y ahorro de recursos por parte de las firmas locales de arquitectura Ingeniería y Construcción (Villate y Tamayo 2015).

Para poder comparar y analizar los hallazgos de innovación detectados en este periodo se toma una muestra de 5 obras representativas y se incluye también el caso del Hotel Tequendama de 1951 ya expli-

Figura 1
Edificio Sena Bogotá. Fuente: Artstor.org. https://library-artstor-org.ezproxy.uniandes.edu.co/asset/AWSS35953_35953_34646902

cado, y que a pesar de ser muy anterior, representa con el uso extensivo y novedoso del sistema de entrepisos de reticular celulado RET-CEL, el inicio anticipado de esta búsqueda de innovación.

## Edificio Sena

Entre 1958 y 1960 la compañía Esguerra Sáenz Urdaneta & Samper, desarrolla la obra del edificio para el Servicio nacional de Aprendizaje SENA. Este edificio de torre y plataforma y que es el primero de la firma construido completamente en concreto a la vista (Samper 2011) además de utilizar para la torre, el sistema RET-CEL, se propone como un volumen que se apoya levemente sobre el suelo y adicionalmente presenta una búsqueda de flexibilidad espacial en la torre. Para lograr este par de objetivos, el equipo interdisciplinar en trabajo colaborativo entre arquitecto e Ingeniero: Germán Samper como arquitecto diseñador principal y el Ingeniero Doménico Parma, proponen un sofisticado sistema de transferencia sucesiva de cargas entre el piso tipo de la torre y la llegada al suelo. En la parte superior y para lograr la flexibilidad espacial buscada, se plantea una estructura de 2 luces con columnas en cada fachada y una hilera de columnas al centro que, a partir del tercer piso y el encuentro con la plataforma, se transfieren a 4 columnas al centro de la luz superior que a su vez cada columna se abre en 4 ramas que recogen las cargas que vienen del volumen superior (figura 2).

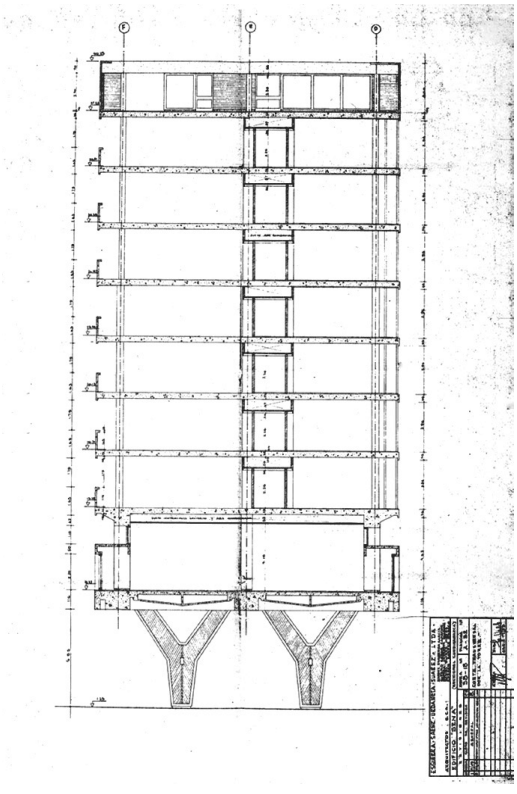


Figura 2
Edificio Sena Bogotá. Alzado. Fuente: Archivo Parma

## Edificio Banco Central Hipotecario BCH

En 1963 la misma compañía del caso del edificio Sena, Esguerra Sáenz Urdaneta y Samper, va a ganar por concurso el encargo del diseño y construcción del edificio para el Banco central Hipotecario. La compañía, un Banco estatal, busca con su edificio sede posi-

Figura 3
Edificio Banco central Hipotecario BCH. Fuente: Fotografía del autor

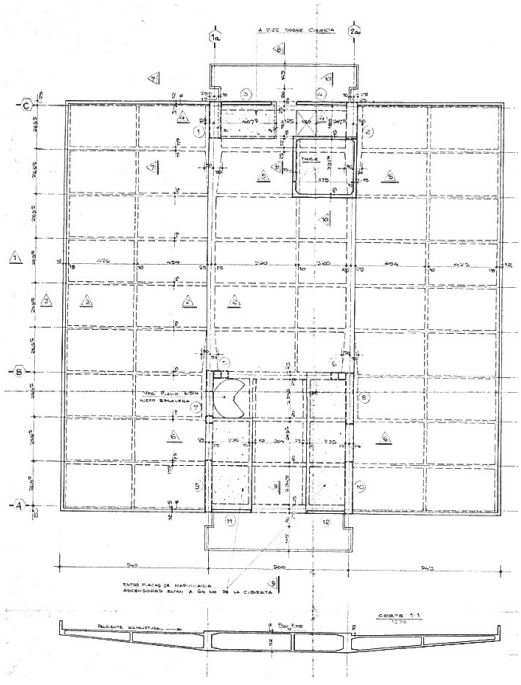


Figura 4
Planta estructural de la torre del edificio BCH. Fuente: Archivo Parma

cionar su imagen. Sin ser un edificio muy alto, sí presenta un sistema estructural innovador. Es un edificio que se compone de una torre y una plataforma que empata volumétricamente con los edificios colindantes (figura 3). Para la torre se propone un sistema estructural compuesto por un par de núcleos de concreto de los cuales se desprenden vigas en voladizo de 9 metros apoyadas en los núcleos (figura 4).

Para lograr esto se recurre a sistemas de pos-tensionamiento. Parma, había patentado recientemente su sistema de pos-tensionamiento que se utilizó para este edificio. La plataforma, que contiene un único local comercial y que buscaba tener un espacio libre de elementos estructurales, a excepción de los núcleos que soportan la torre, no presenta columnas intermedias: se soluciona esta búsqueda de flexibilidad espacial total, mediante vigas pos-tensadas de 35,5 metros de luz apoyadas en columnas escondidas en los muros laterales contra los predios vecinos.

**Edificio Bavaria**

El trabajo colaborativo interdisciplinar alrededor del proyecto va a ser característico de este periodo en las firmas locales (Villate y Tamayo 2015b). Obregón y Valenzuela va a ser una de las firmas donde este tipo de práctica de innovación, en los años 60´s, era protagonista, es así como el encargo del edificio Bavaria es el resultado del diseño desarrollado en colaboración entre el equipo de arquitectos de la compañía y el asesor estructural. El edificio de 27 pisos de altura, ubicado en el centro internacional de Bogotá, va a ser el más alto de la ciudad.

El equipo de diseño, compuesto por arquitectos senior y junior de la compañía, se reunía en sesiones de trabajo entre 1962 y 1965, alrededor del proyecto con el Ingeniero Doménico Parma (Bueno 2011), y de esta manera se llegó, entre otros aspectos, a la novedosa propuesta de una fachada estructural en con-

Figura 5
Edificio Bavaria. Fuente: Fotografía del autor

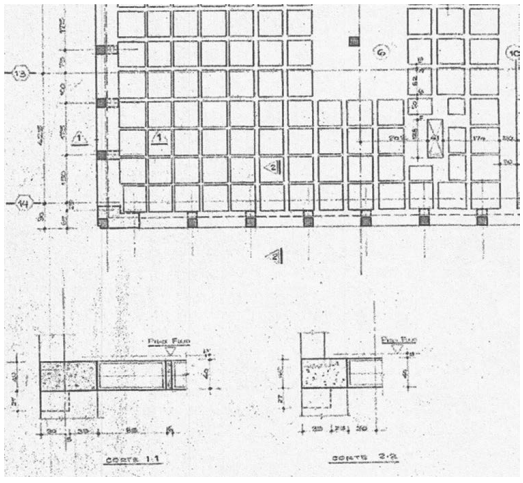


Figura 6
Detalle de entrepiso con sistema RET-CEL del Edificio Bavaria. Fuente: Archivo Parma

creto a la vista (figura 5), que permitió al edificio tener una respuesta estructural adecuada ante sismos. Este sistema de respuesta, donde los elementos estructurales verticales se disponen al perímetro para lograr un mejor desempeño ante fuerzas horizontales, va a ser utilizado de manera casi paralela por el reconocido Ingeniero Fazlur Khan en el edificio Chesnut Dewitt en Chicago terminado el mismo año que el edificio Bavaria. El sistema desarrollado por Khan va a ser mundialmente conocido como «framed tube». De acuerdo a las evidencias encontradas y las entrevistas realizadas es posible afirmar que Parma no tuvo contacto con la investigación que Khan venía realizando en Chicago.

Adicionalmente en este edificio, Parma va a proponer la utilización de su sistema de entrepisos RET-CEL, lo que significó ahorros importantes de tiempo y dinero. Pero una de las innovaciones más importantes presentes en este caso, es la incorporación de un sistema constructivo novedoso para la cimentación. En los años 60´s y como consecuencia de la carrera por hacer edificios cada vez más altos, fue necesario desarrollar mejores y mayores sistemas de cimentación. La práctica común, hasta ese momento en la ciudad era la utilización de pilotes realizados con máquinas Benotto importadas de Italia (Villate y Tamayo 2012b). Estas máquinas a medida que se requerían mayores profundidades, se encontraban con estratos más compactos lo que limitaba su eficiencia. Es así como el Ingeniero de suelos Antonio Páez desarrolla y prueba a gran escala en este encargo su recién desarrollado sistema que el nombra como «caisson bogotano» (Páez 2011).

El sistema consiste en que a medida que se bajaba en el terreno, excavando a mano, se fundían sucesivamente anillos inclinados en concreto que contenían la excavación y se podía bajar de manera segura (figura 7).

Figura 7
Construcción de un pozo de cimentación utilizando el sistema de anillos en concreto del Ingeniero Antonio Páez. Fuente: Archivo Parma

## Edificio Pan American Life

El edificio alto de oficinas ha sido utilizado históricamente como mecanismo para posicionar marcas o nombres, este es uno los objetivos que buscaba con su edificio sede, la recién llegada compañía norteamericana de seguros al país: Pan American Life Insurance Co. Este encargo llega a la firma Esguerra Sáenz Urdaneta & Samper, como producto de un concurso privado. Los arquitectos plantean un prisma irregular que se conecta con el suelo mediante columnas exentas, esto para generar una figura de fluidez, levedad y transparencia en primer piso entre el Parque Nacional al frente del edificio y el resto de la ciudad hacia el occidente. Germán Samper venía de haber trabajado por un periodo de tiempo en la ofici-

Figura 8
Edificio Pan American Life Bogotá. Fuente: Archivo Parma

na de Le Corbusier en París. Y en palabras de él mismo, quería con este encargo poner en práctica las lecciones de modernidad de la Unidad de Habitación de Marsella de le Corbusier (Samper 2012).

Adicionalmente se habían propuesto lograr una planta de oficinas completamente libre de elementos estructurales. Para lograr este par de intenciones, trabajan colaborativamente con Parma, quien desarrolla un sistema estructural de columnas trapezoidales y exentas de la fachada que van aumentando su sección a medida que llegan al suelo. Esta operación estructural permite disponer de un piso tipo completamente libre de columnas (figura 9), y un primer piso perfectamente transparente. Al concentrar las cargas verticales al perímetro del edificio, su desempeño estructural ante fuerzas horizontales (sismo), es muy eficiente. Es así como en el año 2006 y con el objetivo de actualizar la estructura a las nuevas normas sobre sismorresistencia, el edificio es sometido a un estudio de vulnerabilidad sísmica que arroja que el edificio requería tan solo el aumento de la sección de columnas y vigas principales. El trabajo de actualización fue realizado manteniendo el edificio en funcionamiento, a las columnas se les aumentó su sección desde el exterior del edificio y las vigas se reforzaron con chaquetas de chapa de acero, tan sólo era necesario desocupar un piso a la vez para esta labor.

El edificio fue construido en tiempo récord gracias a un sistema constructivo inédito para el momento. Se construyen inicialmente todas las columnas en sus

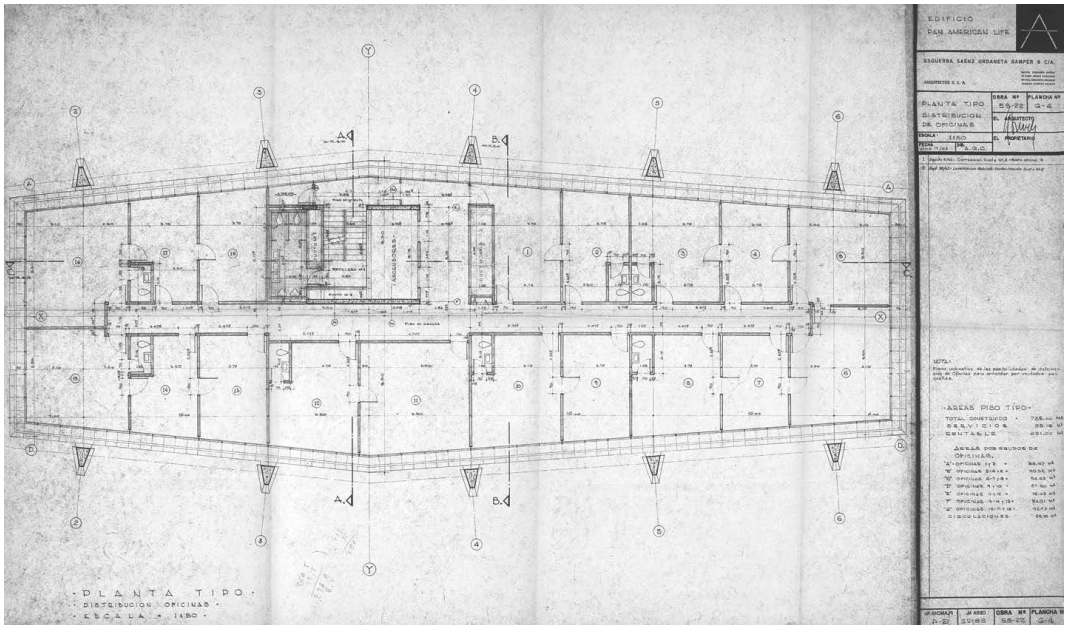



Figura 9
Planta tipo del edificio Pan American Life Bogotá

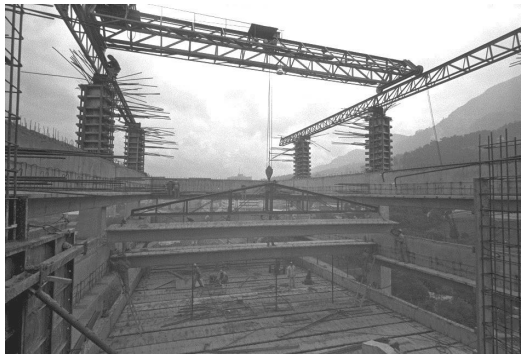


Figura 10
Puente grúa en operación durante la construcción del edificio Pan American Life Bogotá. Fuente: Archivo Parma

longitudes completas, desde el suelo hasta el último piso, y una vez estas quedaron terminadas, se instaló en la punta de estas un sistema de puente grúa que corría sobre 2 rieles que conectaban la parte superior de cada columna (figura 10).

Con este puente grúa se iban izando todos los elementos de cada entrepiso: vigas y viguetas prefabricadas, pre-tensadas y, de manera simultánea, se fundía en obra el antepecho que cumplía funciones estructurales al trabajar como un anillo que confinaba las columnas en cada piso.

Finalmente, es importante destacar que el sistema de cimentación del Ingeniero de suelos Antonio Páez, mediante anillos de concreto, fue utilizado de manera preliminar en este edificio.

## Torre Avianca

El último caso escogido para esta muestra recoge en buena medida lo experimentado y aprendido hasta ese momento en los casos anteriores. El proyecto llega a la firma Esguerra Sáenz Urdaneta & Samper como resultado de haber ganado uno de los concursos de arquitectura más importantes del país, la torre de oficinas, sede e imagen de la compañía colombiana de aviación Avianca, una de las más antiguas del mundo. Para este concurso la sociedad colombiana de arquitectos, entidad encargada de su organización, convoca en duplas a las firmas de arquitectura más reconocidas en ese momento en el país. Esguerra Sáenz Urdaneta & Samper en asocio con Ricaurte Carrizosa y Prieto, ganan el concurso con una propuesta que se aleja formalmente de todos sus competidores, mientras todos proponen edificios de una altura similar, Samper y su equipo proponen una torre mucha más alta y esbelta. La torre de oficinas Avianca, de 1969, se convierte en ese momento en el edificio más alto del país y el más alto en estructura en concreto de Latinoamérica. Parma en trabajo colaborativo con el equipo de arquitectos va a proponer un sistema estructural completamente novedoso e inédito para atender los requerimientos ante sismo. Para ese momento las normas colombianas no contemplaban mayores requerimientos de sismorresistencia, la primera norma que habla de sismo: el Código Colombiano de construcciones sismorresistentes – CCCSR-84, va a ser promulgada hasta 1984. Sin embargo, Parma, entendiendo las implicaciones de diseñar la estructura de un rascacielos en la condición de amenaza sísmica de Bogotá, consulta y diseña la estructura a la luz de las normas norteamericanas, específicamente revisa los requerimientos del código de construcción de la costa oeste (Villate 2020).

Figura 11
Torre Avianca. Fuente: Archivo Parma.

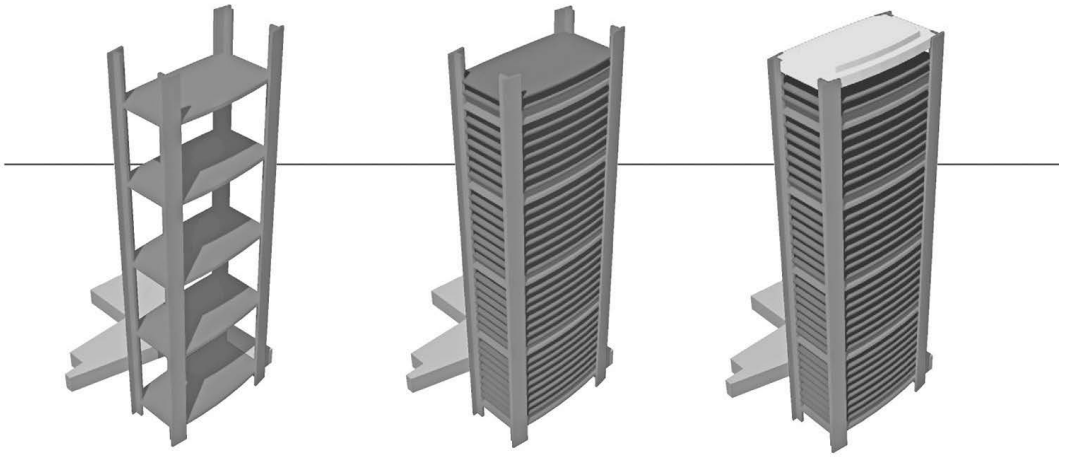


Figura 12
Sistema estructural de respuesta sísmica de la torre Avianca. Fuente: elaboración propia

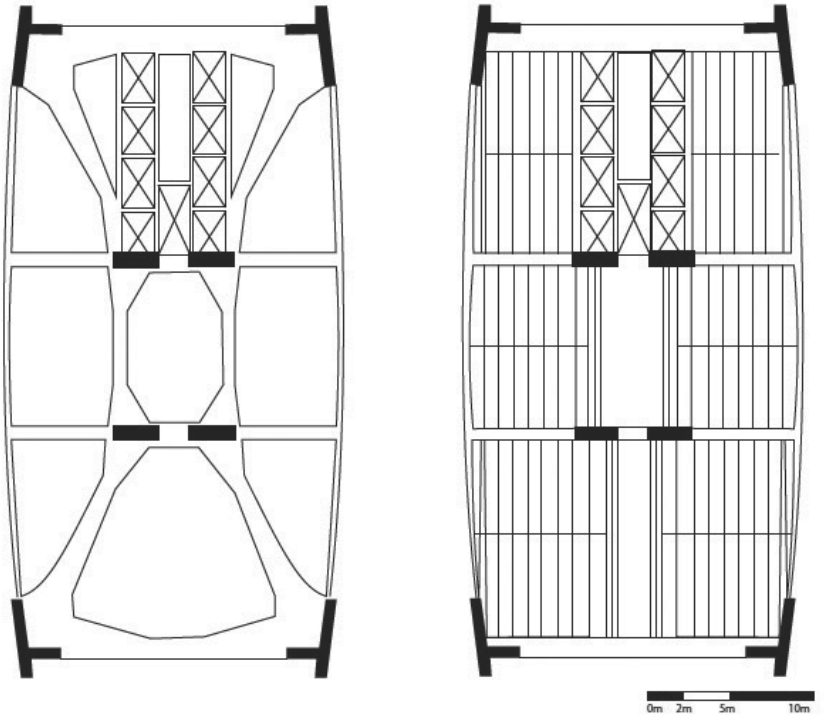



Figura 13
Sistema de entrepisos de Avianca, a la izquierda el entrepiso antisísmico (fundido in situ) y a la derecha el entrepiso típico (de elementos prefabricados pre-tensados)

| CASO | AÑO | INNOVACIONES DETECTADAS | OBJETIVOS | | | MODELO DE INNOVACION * | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | PROCESO CONSTRUCTIVO | FLEXIBILIDAD ESPACIAL | SISTEMA DE RESPUESTA ANTE SISMO | INCREMENTAL | RADICAL |
| HOTEL TEQUENDAMA | 1951 | SISTEMA DE ENTREPISOS RETCEL | X | | | X | |
| EDIFICIO SENA | 1960 | SISTEMA DE ENTREPISOS RETCEL | X | | | X | |
| | | SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE CARGAS VERTICALES | | X | | | |
| EDIFICIO BIDI | 1963 | GRANDES ELEMENTOS PREFABRICADOS EN FACHADA | X | | | X | |
| | | GRANDES VOLADIZOS MEDIANTE CONCRETO PRE ESFORZADO | | X | | X | |
| EDIFICIO BAVARIA | 1965 | COLUMNAS DISPUESTAS AL PERIMETRO | | X | | | X |
| | | SISTEMA DE RESPUESTA ANTE SISMO MEDIANTE FACHADA ESTRUCTURAL | | | X | | X |
| | | SISTEMA DE ENTREPISOS RETCEL | X | | | X | |
| | | CIMENTACION MEDIANTE SISTEMA DE ANILLOS EN CONCRETO - SISTEMA CAISSON BOGOTANO | X | | | X | |
| EDIFICIO PAN AMERICAN LIFE | 1967 | SISTEMA CONSTRUCTIVO - MONTAJE EN OBRA | X | | | | X |
| | | PREFABRICACION EXTENSIVA DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE GRAN TAMAÑO | X | | | X | |
| | | CIMENTACION MEDIANTE SISTEMA DE ANILLOS EN CONCRETO - SISTEMA CAISSON BOGOTANO | X | | | X | |
| | | EXO ESTRUCTURA | | X | X | X | |
| TORRE AVIANCA | 1969 | FACHADA 100% PREFABRICADA | X | | | | |
| | | PREFABRICACION EXTENSIVA DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE GRAN TAMAÑO | X | | | X | |
| | | CIMENTACION MEDIANTE SISTEMA DE ANILLOS EN CONCRETO - SISTEMA CAISSON BOGOTANO | | | | | |
| | | SISTEMA DE CONSTRUCCION ARRIBA- ABAJO PARA LOGRAR UN SISTEMA DE FLOTACION SOBRE EL TERRENO | X | | | | |
| | | SUPER COLUMNAS AL PERIMETRO | X | X | | X | |
| | | SISTEMA DE RESPUESTA ANTE SISMO MEDIANTE CHASIS ESTRUCTURAL | | | X | | X |

* DE ACUERDO A SLAUGHTER

Tabla 1
Comparación y resumen de las innovaciones detectadas en los casos analizados

La propuesta de Parma, para que la estructura del edificio respondiera adecuadamente ante la eventualidad de un sismo importante, consiste en un chasis estructural o megapórticos. Propone cuatro súper columnas en cada esquina y dos pantallas al centro de la torre, conectadas cada cierto número de pisos por entrepisos especiales fundidos en sitio (figura 13), de mayor altura que conectan todo el sistema dando la suficiente rigidez ante fuerzas horizontales. Los entrepisos normales se ejecutan con vigas y viguetas prefabricadas y pre-tensadas.

Este sistema, va a ser utilizado posteriormente por muchos rascacielos en diferentes lugares del mundo. De acuerdo a la información recopilada y las múltiples entrevistas realizadas es posible afirmar que Parma desarrolla de manera autónoma este sistema para el encargo del edificio (Villate 2020).

Para la fachada se desarrolló un sistema original que contemplaba la utilización de elementos en prefabricados en concreto junto a antepechos metálicos especificados para tal fin por la compañía local Icasa, fabricante de neveras (Villate y Tamayo 2012a).

En la construcción de la cimentación además de utilizar a gran escala, el sistema constructivo de anillos sucesivos en concreto desarrollado por Páez, entre Parma y Páez perfeccionan un sistema constructivo que les permite por una parte disminuir costos y tiempos en la etapa de cimentación y por otra garantizar la estabilidad de varias construcciones vecinas (Ramírez 2010). El sistema consistió en que a medi-

da que se subía la estructura de la torre, se iban excavando y construyendo hacia abajo los sótanos, esto para mantener el equilibrio entre el peso retirado al terreno producto de la excavación de los sótanos con el peso añadido por la torre.

## Conclusiones

En una compañía de la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC por sus siglas en ingles), aparecen 4 grupos de prácticas que impulsan las innovaciones tecnológicas: mano de obra o empleados, tecnología, marketing, conocimiento y estrategias de relaciones públicas (Manley, McFall y Kajewski 2009). Estas prácticas en general apuntan a lograr beneficios en eficiencia tanto de la compañía como del producto final: los edificios.

Por otra parte, los tipos de innovación tecnológica se pueden clasificar en 4 modelos o niveles de innovación de acuerdo a su impacto (Slaughter 1998): Incremental, Modular, Arquitectónica y Radical. La incremental, la de menor impacto, se refiere a pequeños cambios de un componente o sistema sin afectar a otros componentes y por otra parte una innovación radical es aquella que significa un cambio tecnológico que es capaza de modificar un paradigma establecido. Los modelos intermedios, incremental y modular dependen su impacto en la medida en que la innovación impacta o interactúa con otros componentes o sistemas de la edificación.

En la Tabla 1 se resumen y comparan los hallazgos de innovación tecnológica encontrados en los casos estudiados. Por una parte, se identifican las innovaciones a partir de su objetivo general y específico que se buscaba: mejoras en proceso constructivo, mejor desempeño arquitectónico y la búsqueda de una respuesta adecuada ante la inminente amenaza de eventos sísmicos en la ciudad. Y por otra se clasifica su nivel de impacto de acuerdo a lo propuesto por Slaughter (1998).

Las innovaciones detectadas obedecen en general a una búsqueda de eficiencia y mejores prácticas, que de manera gradual y de acuerdo a lo observado en la muestra, va aumentando durante la década de los años 60´s. En los primeros casos los cambios introducidos son tan solo de elementos o partes de componentes, mientras que, en los últimos casos analizados, los cambios e innovaciones propuestas son mucho más atrevidas tanto en su impacto sobre los objetivos buscados como en el nivel del modelo de innovación propuesto.

A partir de esta comparación entre los casos presentados y estudiados en detalle, se puede concluir que las innovaciones halladas en la muestra, van aumentando tanto en su cantidad como en su nivel de impacto. Mientras en los casos más antiguos las innovaciones detectadas son muy importantes, pero pocas y de bajo impacto en comparación con casos posteriores, en el último caso, la torre de Oficinas Avianca, se recoge y aplica todas las prácticas de innovación desarrolladas en los casos anteriores.

## Lista de referencias


Arango, Silvia. 2017. *Alberto Manrique Martin*. Bogotá: Editorial Universidad Nacional.

Archivo documental Doménico Parma. Bogotá Universidad de los Andes.

Artstor.org. Consultado el 12 de mayo de 2022 en: https://library-artstor-org.ezproxy.uniandes.edu.co/asset/AWSS35953_35953_34646902.

Bueno, Edgar. 2011. *Entrevista Edgar Bueno Tafur arquitecto diseñador de Obregón & Valenzuela*. Entrevistado por Luis Felipe Ramos en 15/10/2011.

De la Rosa, Moisés. 1938. *Calles de Santafé de Bogotá, homenaje en su IV centenario*. Bogotá: Ediciones del Concejo.

Diario El Tiempo. 1993. *Un rascacielos de los años 20*. Consultado en: mayo 2022 en https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-19689

Diario Mundo al día. 1927. Citado por Silvia Arango en *Alberto Manrique Martín*, Bogotá: Editorial Universidad Nacional.

Manley, K., Mcfallan, S. y S. Kajewski. 2009. Relationship between Construction Firm Strategies and Innovation Outcomes. *Journal of Construction Engineering and Management* ASCE 135, 764- 767.

Niño, Carlos y Sandra Reina. 2010. *La carrera de la modernidad; construcción de la carrera décima Bogotá 1945-1960*, Bogotá: Instituto Distrital de Patrimonio.

O´Byrne, María. 2010. *Una utopía llamada Bogotá*. Consultado en mayo 2022 en: https://www.archdaily.co/co/872193/una-utopia-de-le-corbusier-llamada-bogota

Sullivan, Louis H. 2017. El edificio de oficinas de gran altura desde una perspectiva artística. *Infolio* 8. Consultado en: mayo 2022 en http://www. infolio.es/articulos/sullivan/oficinas.pdf l Publicado en Lippincott's Magazine, en marzo de 1896.

Páez, Antonio. 2011. Entrevista a Antonio Páez Ingeniero de suelos y asesor del sistema de fundaciones para Obregón & Valenzuela. Entrevistado por Camilo Villate en octubre 2011.

Ramírez, Ramiro. 2010. Entrevista al Ingeniero Ramiro Ramírez, director de construcciones de Avianca para la época. Entrevistado por Camilo Villate y Brando Tamayo en octubre 2010.

Samper, Germán. 2011. *Germán Samper Arquitecto*. 2011. Bogotá: Diego Samper Editores.

Samper, Germán. 2012. Entrevista a Germán Samper. Entrevistado por Camilo Villate en mayo de 2012.

Slaughter, S. 1998. Models of Construction Innovation. *Construction Engineering and Management*, ASCE. June, 226- 231.

Téllez, Germán. 1988. *Cuellar Serrano Gómez arquitectura 1933-1983*. Bogotá: Fondo editorial Escala.

Vargas, Hernando. 2012. The development of Floor and Roof Assemblies of Precast Concrete Cells in Colombia 1949–1989. *Nuts and Bolts in Construction History*, Vol. 3, 431–437. Paris

Varini, Claudio. 2004. *Doménico Parma retrato científico*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.

Villate, Camilo y Brando Tamayo. 2012a. *Torre de oficinas Avianca*. Bogotá: Ediciones Uniandes.

Villate, Camilo y Brando Tamayo. 2012b. The Avianca Tower: Practices Driving Technical Innovations in a Construction Firm in the 60´s. *Nuts and Bolts in Construction History*, Vol. 2, 217–227. Paris.

Villate, Camilo y Brando Tamayo. 2015a. *La innovación técnica en la modernidad bogotana: el caso del edificio Pan American Life Insurance*. Bogotá: Ediciones Uniandes.

Villate, Camilo y Brando Tamayo. 2015b. Technical innovations in Bogota´s modern times – the Pan American life Insurance Building (1966) case study. *5th international congress of Construction History*. Chicago.

Villate, Camilo. 2018a. Exploración en sistemas estructurales para edificios altos en hormigón armado en Bogotá durante los años 60´s -70´s - Caso Ingeniero Doménico Parma. *Memorias del primer coloquio colombiano de historia de la construcción*. Bogotá.

Villate, Camilo. 2018b. Innovations in the structural systems in tall buildings in Bogotá in the 1960s. Case study: Bavaria building. *6th International Congress of Construction History*. Brussels.

Villate, Camilo. 2020. The Avianca Tower in Bogotá: The First Skyscraper with a Reinforced-Concrete Megaframe System. *First Skyscrapers | Skyscraper Firsts*, 167-174. Council of Tall Buildings and Urban Habitat.

# Evolución y estrategias de protección por diseño de los puentes de madera en Europa

Julio Vivas
Nicolás Vallina

No es raro encontrar en muchos países europeos puentes de madera con varios siglos de antigüedad. Aunque ciertamente muchos de ellos se han conservado gracias a haber sido sometido a trabajos de mantenimiento o a reconstrucciones más o menos importantes, en general, su buen estado de conservación debe atribuirse sobre todo a unas acertadas estrategias de protección por diseño.

En este trabajo se aborda el estudio de la evolución de las tipologías estructurales y las estrategias de protección por diseño, cuya eficacia y vigencia quedaron plasmadas en muy largas vidas útiles, especialmente si las comparamos con la vida útil frecuentemente exigidas de 80 a 100 años para los modernos puentes de hormigón o acero.

## Evolución histórica de los puentes de madera

### Sistemas estructurales simples, vigas biapoyadas

No es muy aventurado suponer que la madera fue durante siglos uno de los materiales preferidos para la construcción. Los primeros puentes se construyeron uniendo troncos redondos y llenando los huecos con ramas (Stadelmann 1990), siendo esta técnica todavía usada hoy en día para construir pasarelas provisionales en pistas forestales. Posteriormente, los troncos fueron cubiertos y rellenos con ripio, tierra y arcilla, que se convertían en superficies blandas y embarradas y difíciles de pisar en tiempo de Lluvia; así, a partir del s. xv, los troncos fueron cubiertos con madera aserrada, así, los artesanos de la época transformaron los troncos redondos en vigas escuadradas rectangulares y colocaron tablones sobre ellos.

Dado que la luz máxima que se podía salvar con vigas de madera estaba limitada a las características de los árboles disponibles, los vanos raramente superaban los 6-10 metros. Para salvar luces mayores se colocaban soportes intermedios bien de madera o de Piedra para los ríos más anchos.

Probablemente el Puente de madera más antiguo de Europa, el conocidísimo Kapellbrücke en Lucerna (figura 1), es un puente de este tipo formado por vanos de 7.65 m. aproximadamente apoyados en soportes de madera.

En caso de guerras, estas estructuras podían ser desmontadas con relativa facilidad y reinstaladas una vez pasado el peligro. Sin embargo, las frecuentes inundaciones provocadas por crecidas destruían frecuentemente los pilares intermedios, provocando el colapso fortuito de muchos de los puentes, cuyas partes al ser arrastradas ponían en peligro a su vez a otros puentes aguas abajo. A este respecto, Stadelmann también cita al novelista suizo Jeremias Gotthelf que relata en un pasaje cómo una inundación el 13 de agosto de 1837 destruyó todos los

puentes de madera sobre el río Emme, a excepción de un único puente que no tenía pilar intermedio.

Figura 1
El Kapellbrücke, construido en el puente de madera más antiguo de Europa. Lional Rajappa -commons.wikipedia.org

**Puentes de madera de mayor luz: Armazones en celosía**

En el esfuerzo por cubrir mayores luces, las tipologías estructurales se desarrollaron a partir del s. XV conectando diferentes vigas en triangulaciones, formando cerchas o celosías que se pueden clasificar en tres tipos básicos de construcción en función de la posición de las triangulaciones con respecto al tablero:

- Puentes con el refuerzo bajo el tablero. Se trata de celosías formadas por puntales que refuerzan la plataforma colocados bajo el tablero de forma que todos los elementos (excepto la plataforma misma) quedan cargados axialmente en compresión. Las uniones de cada elemento singular son relativamente sencillas pudiendo ser incluso simplemente con contacto directo.
- Celosías formadas por montantes y puntales colocados sobre la plataforma. Se asemejan a las tipologías estructurales de cercha utilizadas frecuentemente en las construcciones de cubierta. La plataforma queda suspendida y los postes o montantes verticales están sometidos a tracción (tirantes). En este caso las conexiones son más complejas porque es necesario que transmitan los esfuerzos de tracción y por tanto más difícil de realizar. Una ventaja de esta tipología es que no hay miembros estructurales debajo de la plataforma, y por tanto no se limita el gálibo libre disponible bajo el puente.
- Celosías formadas por la combinación de las dos tipologías anteriores en la que se utilizan puntales y montantes a compresión bajo la plataforma y tirantes y montantes a tracción sobre la plataforma. Este tipo de celosías, en particular cuando los marcos apuntalados a compresión se distribuían en forma poligonal, permitieron alcanzar grandes luces en puentes de madera antes de que se empezaran a fabricar arcos, de los que fueron precursores.

En Suiza están documentados algunos ejemplos. Uno de los primeros puentes con tablero suspendido atravesaba el río Martinstobel cerca de St. Gallen en 1468 con una longitud de 30 metros. Otros dos ejemplos con luces alrededor de 20 metros fueron el Neubrügg, construido en 1535 sobre el río Aare (figura 2) cerca de Berna y sobre el río Saane cerca de Gümmenen, construido en 1555. Para la construcción del puente, los artesanos usaron piezas de madera de alta calidad escogiendo aquellas con menor número y tamaño de nudos, de abeto, pícea o alerce, usando roble también para fines especiales. Probablemente el alerce fuese el árbol más apreciado por su densidad y contenido en resina.

Figura 2
Puente sobre el Aare en Aarberg. J. Vivas

En esta época a la mayoría de los puentes de madera en Europa se les empezó a poner una cubierta y paneles laterales para protegerlos de la intemperie. Estas cubiertas, a menudo elaboradamente ejecutadas, también servían para reforzar la estructura de so-

porte. Este tipo de puente aún se conocen hoy en día como «Hüslibrücken» en las zonas de habla alemana («pequeñas casas-puente») (Widmann 2022)

El mejor material, el diseño y una cuidadosa ejecución siempre ha influido en la vida útil. Los puentes de madera cubiertos alcanzan una edad de más de 200 años, aunque tuvieran que ser reforzados y reparados regularmente para llegar a esta edad esto es un gran logro, especialmente si lo comparamos con la vida útil prevista de 80 a 100 años para los modernos puentes de acero.

## La época dorada de los puentes de madera en Europa

En el siglo XVII, la construcción manual de puentes de madera con su variedad de tipologías estructurales alcanzó un desarrollo extraordinario. Maestros carpinteros como Hans Ulrich Grubenmann (1709-1783), Josef Ritter (1745-1809) en Suiza, o Blasius Baldischwiler (1752-1832) en Alemania, junto con muchos otros profesionales de gran talento crearon importantes construcciones, algunos de los cuales fueron muy conocidos y renombrados en gran parte de Europa (Stadelmann 1990),

Los puentes de madera más conocidos internacionalmente de esa época fueron concebidos por los hermanos suizos Grubenmann, y en particular por Hans Ulrich Grubenmann. Además de múltiples estructuras de cubierta para iglesias, los hermanos Grubenmann diseñaron y construyeron más de 10 grandes puentes de madera. Sus puentes demostraron que era posible construir puentes de madera con grandes luces de más de 50 metros, y se comienza a apreciar la transición desde las celosías y estructuras suspendidas con múltiples elementos rectos a las tipologías estructurales en arco.

Los dos puentes de Grubenmann más conocidos e importantes son el de Schaffhausen (figura 3), con una luz de 63 metros (terminado en 1758) y el de Wettingen (terminado en 1766) con 61 metros de luz. Sin duda se encontraban entre los puentes de mayor luz del mundo en esa época.

Existen, no obstante indicios en la literatura de que existía un puente aún mayor, en la confluencia entre los ríos Vorder y Hinterrhein en Reichenau que superaba con holgura la luz de los dos puentes anteriormente mencionados, con una luz aproximada de 70 metros. Desafortunadamente, a diferencia de los anteriores, no se conserva documentación técnica o maquetas.

Figura 3
El puente de Schaffhausen. Autor desconocido. Biblioteca de Zurich

Con respecto a la luz del puente de Schaffhausen, probablemente no haya un solo tratado relevante en el que no se discuta si se trataba de un puente de un solo vano de 119 metros de largo o de un puente de dos vanos con luces de 63 y 56 metros. Lo que parece es indiscutible es q la intención inicial de Grubenmman de construir un puente de un solo vano. Para demostrar la idoneidad de su propuesta de construcción con un vano único construyó una maqueta que cargó él mismo para mostrarla a los funcionarios responsables de Schaffhausen, que también parece demostrado que rechazaron y obligaron a Grubenmann a colocar su puente sobre una pila intermedia preexistente.

Se puede observar claramente que el puente ejecutado contine características compatibles tanto para estructuras de un solo vano como de dos vanos, hasta cierto punto como una especie de híbrido. Hay algunos registros que supuestamente prueban que funcionó, al menos temporalmente, como puente de un solo vano, pero también algunos remiten al ámbito de las fábulas o «leyendas urbanas». Sin embargo, teniendo en cuenta la vista en planta reflejada en los planos (figura 4), es difícil de imaginar un solo vano considerando la curva que hace el puente por encima de la pila central, que provocaría que los miembros comprimidos desviasen todo el puente hacia el lado.

Al estudiar los dos puentes, todos los autores resaltan mucho más la importancia de la evolución del marco poligonal disuelto (Schaffhausen) hacia el arco (Wettingen) (figura 5), que es claramente visible. Esta evolución está bien descrita y documen-

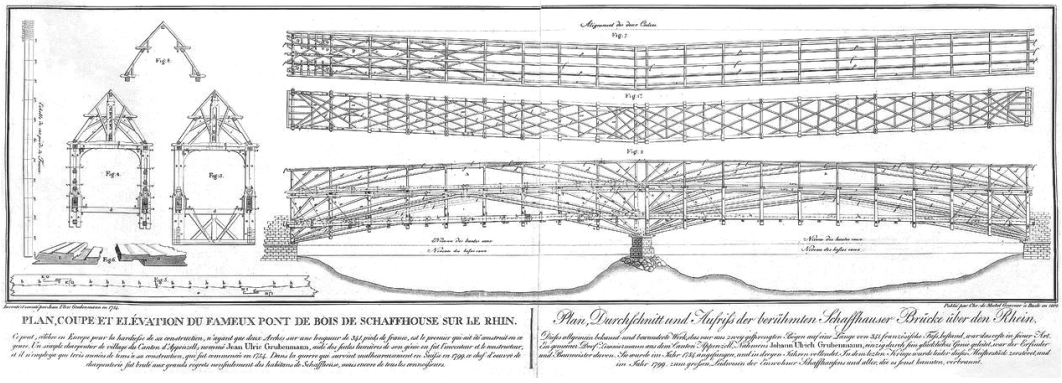



Figura 4
Plano del puente de Schaffhausen

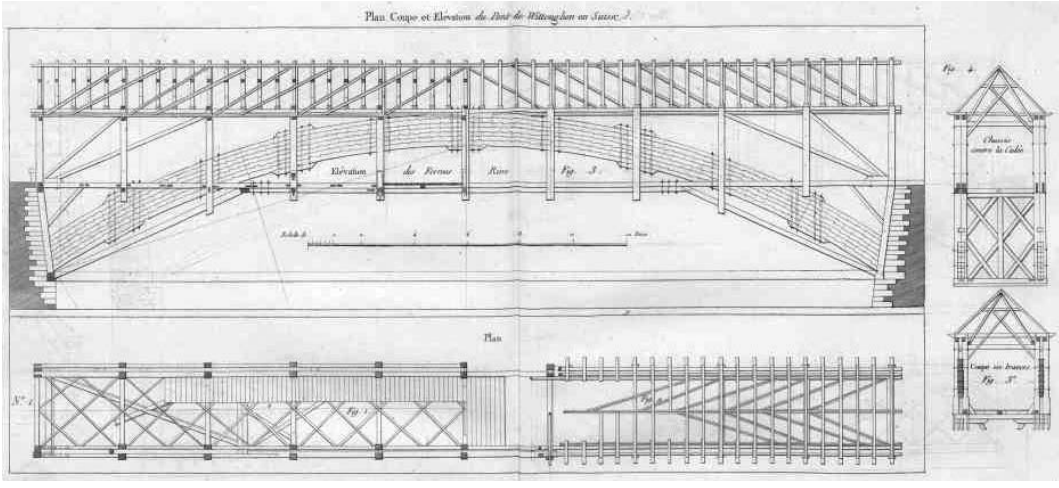



Figura 5
Planos del puente de Wettingen

tada en detalle, (Blaser 1982); Steurer 2006). Probablemente las estructuras de madera arqueadas ya estuvieran en uso con anterioridad y otros maestros constructores de madera europeos también adoptasen este método de construcción al mismo tiempo o posterior.

Después de tres siglos, las construcciones de los hermanos Grubenman siguen levantando admiración a ingenieros y arquitectos de hoy en día, constituyendo todavía un referente y una fuente de inspiración para constructores contemporáneos (figura 6).

## Desarrollo de nuevos tipos de celosía en Norteamérica

Durante el siglo XIX varios constructores tomaron el relevo los hermanos Grubenmann en Europa, y establecieron rápidamente el estándar para la construcción de puentes de madera, produciendo una sucesión de diseños innovadores que hicieron posible la construcción de puentes resistentes, económicamente rentables y capaces de salvar grandes luces y soportar con seguridad cargas tanto estáticas como dinámicas.

Figura 6
Puente de madera sobre autovía A8 en Amorebieta. Bizkaia. Julio Vivas

Al mismo tiempo, estos constructores reconocieron las ventajas de proteger la estructura para garantizar su durabilidad. Transcurrido un cuarto del siglo XIX, los puentes cubiertos eran una parte omnipresente del paisaje estadounidense. En el apogeo de la construcción de puentes cubiertos (alrededor de 1870), más de 10.000 puentes cubiertos estaban en uso (Benett 2022)

Los primeros colonos norteamericanos construyeron gran cantidad de puentes de madera para cruzar los numerosos arroyos y ríos del país. Muchas de esas estructuras constituyeron hitos en la construcción en aquel momento y muchos constructores de puentes obtuvieron patentes para sus diseños, (Fletcher y Snow 1934).

En 1812 Lewis Wernwag construyó «El Colosso» (figura 7) en 1812 sobre el río Schuylkill en Filadelfia, Pensilvania. Este puente tenía una luz libre de 104 metros con una sección transversal compuesta por cinco cerchas arqueadas paralelas, cada una con una elevación de 6 metros.

Lewis Wernwag fue uno de los principales constructores de puentes de madera de gran envergadura a principios del s. XIX. Si bien construyó muchos puentes importantes, el más conocido fue el puente que construyó sobre el río Schuykill, comúnmente conocido como «El Coloso», fue el puente de madera en un solo vano más largo en los Estados Unidos. Fue quemado por un pirómano en 1838 y reemplazado por el puente colgante Fairmount de Charles Ellet en 1842.

El ancho del tablero era variable con dos calzadas y dos aceras. En la clave del arco los montantes estaban separados 4 metros y alrededor de 6,5 metros en los estribos. La anchura total era de 10 metros en la clave y 15 en los estribos (figura 8). Wernwag resumió su informe de la siguiente manera:

> Los montantes, los cordones y los tensores están todos conectados y asegurados por ataduras, tirantes y barras de hierro de tal manera que forman un todo conectado y combinado, igual en fuerza, tal vez, a cualquier cosa que el ingenio humano pudiera idear

A mediados del s. XIX, las celosías Burr se hicieron populares. El puente Waterford sobre el río Hudson constaba de cuatro tramos, con tramos libres que osci-

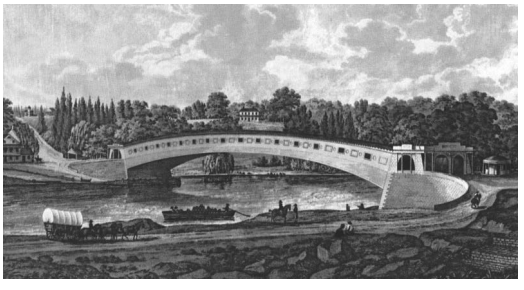


Figura 7
El «Colossus» sobre el río Schuylkill.. The New York Public Library. Digital Collections

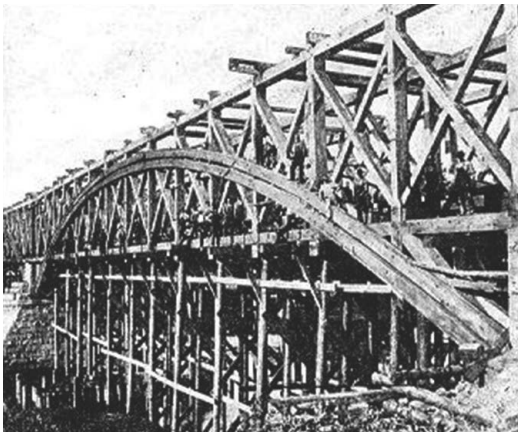


Figura 8
Vista en alzado de la estructura del puente sobre el río Schuykill

laban entre 47 y 55 m. Duró 105 sin refuerzo material, hasta que fue destruido por un incendio en 1909. También se construyeron cientos de puentes de carretera cuyas tipologías se asemejaban en mayor medida a la celosía de Burr en los estados del este, centro y Nueva Inglaterra. Por lo general, el deterioro no era un problema si los puentes estaban debidamente protegidos por cubiertas y paramentos verticales laterales.

También a mediados del s.XIX, las armaduras de celosía Town también eran populares. Los puentes de celosía de Ithiel Town se construyeron para facilitar el tráfico ferroviario en áreas del país donde abundaba la madera. También se utilizaron ampliamente para carreteras en los valles de los ríos Connecticut y Merrimac en New Hampshire y Vermont. En 1900 había al menos 100 puentes de este tipo en el sistema ferroviario de Boston y Maine.

William Howe obtuvo una patente en 1840 para el puente de celosía Howe, que fue un diseño muy popular durante muchos años. Este puente fue construido principalmente de madera, pero se usaban varillas de hierro para los elementos traccionados de la celosía.

En 1844, a Thomas W. Pratt se le otorgó una patente para la armadura Pratt, que usaba barras diagonales de hierro y verticales de madera. El desarrollo y uso del hierro en estos puentes pronto condujo al uso de cordones inferiores de hierro y otros componentes y esto fue seguido por los puentes en los que se combinaban diagonales y cordones inferiores de hierro con madera ya únicamente en los elementos a compresión.

En 1859, Howard Carroll construyó el primer puente totalmente de hierro forjado para uso ferroviario, lo que inició un lento declive en el uso de puentes de madera.

## Notas

1. Julio Vivas y Nicolás Vallina. Media Madera Ingenieros Consultores

## Lista de referencias

Bennett, L. 2022. The Covered Bridge. *American Heritage's Invention & Techonoly Magazine.*

Blaser W. 1982. *Schweizer Holzbrücken.* Basel: BirkHäuser Verlag

Fletcher, R. y J.P. Snow. 1934. A History of the Development of Wooden Bridges. *Proceedings of the American Society of Civil Engineers*

Stadelman, W. 1990. *Holzbrüken der Schweiz*

Steurer A. 2006 *Developments in Timber Engineering.*

Widmann, Robert y Andreas Müller. 2022. *History and development stages in timber bridge construction in Switzerland*. ICTB 2021 Plus

# Las techumbres del primer convento de monjas de La Habana: carpintería de lo blanco habanera del siglo XVII

Lynne Zayas Rubio

Desde su fundación en 1519 y durante el XVI, la villa San Cristóbal de La Habana estuvo inmersa en un dinamismo urbano promovido por la importancia de su puerto en el desarrollo del comercio naval entre España y sus dominios del nuevo continente. Se construirían las primeras fortificaciones para la defensa de la bahía y la urbe de ataques de corsarios, piratas y potencias enemigas; se edificaría el primer sistema de abastecimiento de agua conocido como la Zanja Real, siendo la obra de carácter público más importante de este siglo; a la vez que los gobernadores españoles comenzaban a residir permanentemente en la villa, seguidos de otras familias acaudaladas que buscaban asegurar su posición comercial en los nuevos dominios españoles. Como resultado de este desarrollo en 1592, el rey Felipe II de España, le otorga a la Habana el título de ciudad.

Este ritmo de crecimiento urbano constante y animado se mantiene a inicios del siglo XVII, seguido por un aumento vertiginoso del número de su población. La permanencia de las flotas comerciales y foráneas en el puerto habanero por un lapso prolongado en la espera de reparaciones y avituallamiento de sus navíos, así como la comercialización de los productos que tenían en sus bodegas era lo cotidiano. Sin embargo, esta estadía de visitantes influyó negativamente en la seguridad social de la villa y en su crecimiento demográfico controlado: entre 1601 y 1643, se registró un incremento en los casos de violaciones e intentos de violación incluso a damas de familias prominentes; a la vez que se incrementaba el bautismo de niños de «padres desconocidos»,[1] llegando a un promedio anual de 35 niños en una población inferior de los 5 mil habitantes (de la Fuente 1993).

La demanda de más espacio para edificaciones civiles, sumado a la preocupación de los caballeros de la alta sociedad habanera en lo referente a la seguridad de las damas bajo su tutela; llevan a que se realice una sesión pública del Cabildo presidida por el Gobernador y Capitán General Pedro Valdés en 1603; para analizar la pertinencia de instaurar un monasterio de monjas en la ciudad. El propio gobernador Valdés expuso:

> …que atento a que esta ciudad por la misericordia de Dios va en aumento y creciendo cada día su población y hay en ella muchos vecinos cargados de hijas que por no tener con quien casarlas conforme a la calidad de sus personas las dejan poner en estado que quedan por remediar con manifiesto peligro de perder sus honras y buena reputación y porque todos estos daños se asegurarían si hubiese monasterio de monjas donde entrasen a servir a Dios… (Herrera López 2006)

En dicho año también, el ingeniero Cristóbal de Rodas establece un trazado y las nuevas alineaciones de las calles habaneras, al mismo tiempo que contemplaba un ensanche de la ciudad hacia el Sur y el Oeste abarcando tres veces el área ocupada hasta ese

entonces por la villa. Es en este proyecto de ensanche donde aparecería por primera vez el área de Campeche, zona rural muy próxima a la ya «urbanizada» y que hasta ese momento se encontraba fuera de los límites amurallados. Precisamente en Campeche, pasados casi 40 años del proyecto de Rodas, es donde se comenzarían las labores para la edificación de la primera obra monumental religiosa de este siglo: el primer convento de monjas de La Habana.

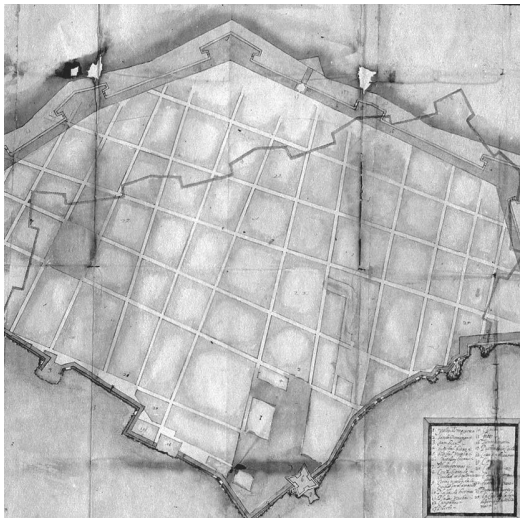


Figura 1
Plano de Rodas, 1603. (Fotografía cortesía Biblioteca Arquitectos Fernando Salinas y Mario Coyula, Oficina del Historiador de la ciudad de La Habana)

Entre 1603 y 1630 se realizan varios intentos para recaudar el dinero necesario para la edificación del Convento, mientras que se envían varias misivas al Rey en busca de aprobación para la construcción de dicha obra y su contribución «con la limosna acostumbrada». El 20 de diciembre de 1632, el rey Felipe IV autoriza la fundación del convento mediante una Real Cédula que no se haría efectiva hasta marzo de 1634, a través de su lectura en la sesión del Cabildo de La Habana. En dicha cédula quedan estipulados dos aspectos que influenciarían la arquitectura del futuro convento: el primero se refiere a la cuestión monetaria de la construcción del convento y del mantenimiento de las monjas. En ella queda claro, que la corona española no brindaría dinero alguno para la construcción ni mantenimiento del futuro convento, aunque estuviese bajo su amparo como el resto de las edificaciones religiosas de las Indias; por lo que todo asunto relacionado con los costos de construcción y futuro mantenimiento de la edificación y de las monjas recae totalmente en el gobierno y los vecinos de la ciudad. Segundo, no se determina una orden religiosa para el monasterio, sino que se da total libertad al gobierno local para decidir este asunto, lo que devino en varios años de litigio hasta que se determina por Real Cédula en 1643 que este convento fuese de la Orden de Santa Clara de Asís.

En abril de 1636 se acuerda la construcción del convento en el barrio de Campeche, en el espacio de cuatro cuadras de solares que no estuviesen comprometidos para otra función o propietario por petición del Gobernador Riaño y Gamboa. Dicha petición es cuestionada, por lo que se designa una comisión para seleccionar el mejor sitio para edificar el convento. Finalmente se seleccionan dos cuadras del mismo barrio, vecinas de las actuales calles Cuba y Sol; donde existían varias construcciones que, por acuerdo tomado en la sesión del Cabildo del 25 de febrero de 1638; fueron compradas por un valor total de 8076 pesos. Para ese momento se habían donado por los vecinos de la ciudad una suma igual a 16 mil pesos para la construcción del inmueble. El dinero restante de la compra de los terrenos fue empleado para la construcción del primer claustro del monasterio de monjas de La Habana.

## El convento de monjas de La Habana

Andrés Valero[2] fue el primer maestro mayor de La Habana en proyectar un plano para el convento de monjas de la ciudad por encargo del gobierno y como parte de los intentos de que dicha obra obtuviese la aprobación de Su Majestad en España. El convento propuesto por Valero presentaba una iglesia y un solo claustro de edificaciones de un nivel con seis arcadas en cada uno de sus lados hacia un patio central. Además, planteaba la construcción de una serie de residencias en los terrenos aledaños pertenecientes al convento, para que dicha institución las empleara en alquiler y así generar fondos para su mantenimiento. Esta construcción se cotizó en 14 500 ducados, pero no se llegó a construir.

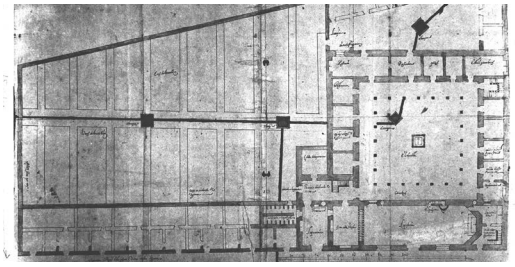


Figura 2
Plano para el monasterio de monjas de La Habana firmado por Andrés Valero, 1624

En 1638 se coloca la primera piedra del Convento siguiendo los planos del sucesor de Valero[3] en el sitio donde iría la Sacristía. El nuevo convento difería del proyectado por Valero particularmente en la iglesia, cuyo proyecto fue reformado para cumplir con las disposiciones que tenían los conventos de las órdenes fundadas por Santa Clara de Asís y por Santa Beatriz de Silva:

> …los conventos femeninos de clarisas y concepcionistas franciscanas producirán en Andalucía e Hispanoamérica un tipo de iglesia de una sola nave de fachada lateral con dos puertas gemelas. Con interior de proporciones estrechas y muy alargadas, cubierta de alfarje y coro alto y bajo a los pies de la iglesia, estos templos monjiles ofrecen muy pocas variantes estilísticas a no ser las estilísticas de la época de la construcción de su fábrica o de la talla de sus retablos … Las iglesias de los conventos femeninos siempre están adosadas lateralmente a la fábrica de forma que su fachada da longitudinalmente a la calle. De allí que carezcan de frontispicio y que su acceso al interior tenga que hacerse en ángulo recto dividiéndose en dos partes las opciones de situación del fiel en el interior del templo, sea ya a los pies o hacia el altar. Quizás también en ello entre el problema de discriminación de sexos colocándose los hombres a un lado y las mujeres a otro (Bonet Correa 1978)

De esta manera queda conformada la iglesia del monasterio habanero: en una sola nave con dos puertas gemelas en la fachada hacia la calle Cuba y la plazuela exterior; y con dos coros: uno alto y uno bajo, a sus pies, justo en la esquina de Cuba y Sol. Del coro alto sobresalían dos tribunas a ambos lados sobre la iglesia; mientras que el presbiterio con el retablo mayor se encontraba al otro extremo, seguido de la sacristía. Para la construcción de esta, se emplearon 500 carros de piedra ya labrada o sillares, y 600 fanegas[4] de cal. Se asume que los sillares fueron empleados en la cimentación del primer claustro del convento puesto que, de la totalidad de sus muros, un 95% fe erigido con la tecnología de mampuesto, exceptuando los vanos y las rafas de este.

En 1643 se termina de techar la iglesia, una impresionante nave de aproximadamente 46.20 varas[5] (38.60 metros) de largo por 12.50 varas (10.44 metros) de ancho, y 15.68 varas (13.10 metros) de alto hasta el nudillo de su techo de armadura de pares; quedando conformado el primer claustro del convento con: iglesia, sacristía, coro bajo y alto, locutorios; las galerías altas y bajas acompañadas de las celdas entorno a un patio de proporciones monumentales con un aljibe para el almacenamiento de las aguas pluviales y de la Zanja Real. No es hasta 1698 que se construye la torre-campanario; no obstante, el convento debió tener alguna espadaña para su fundación, de la cual se colgasen las dos campanas que se conservan: una datada de 1644 con una inscripción en latín[6], y otra más pequeña sin fecha de manufactura, pero con otra inscripción en el mismo idioma.[7]

Finalmente, el 4 de noviembre de 1644 se inaugura el primer convento para monjas de la Habana con gran regocijo y alegría por parte de los vecinos de la ciudad y de la congregación de monjas provenientes de Cartagena de Indias que vinieron a ocupar el convento, regida por las madres Catalina de la Concepción Mendoza, primera abadesa y fundadora principal; Ángela de Jesús, vicaria; Isabel de San Juan Bautista, maestra de novicias, Antonia de la Encarnación, tornera y Luisa de San Vicente, portera.

La Orden de las Clarisas desde 1263 y con el permiso del Papa Urbano IV, tenían permitido el adquirir rentas. Esta concesión propició que la congregación del convento habanero pudiese tener celdas propias, esclavas, derecho a hacer testamento y contratos de compraventa, además de la posibilidad de aportar una dote a la Orden al ser aceptadas por ella. Por otro lado, en el convento las novicias y beatas recibían lecciones por parte de las monjas en las asignaturas de lectura, gramática, escritura, música, costura; y cuanto pudiesen necesitar para la vida conventual o la vida de dama de sociedad en caso de no seguir la vida religiosa. El Convento de Santa Clara fue considerado entonces, la primera escuela de damas de la ciudad, razón que llevó a que incrementase su demanda e importancia dentro de la mis-

ma. El claustro construido era insuficiente para albergar el número creciente de monjas, novicias y criados que habitaban en el convento.

Por las razones anteriormente expuestas, en 1653 se realiza la venta a las clarisas de los terrenos del Matadero y los corrales aledaños. Por lo que en 1657 el convento se expande hacia el Sur con un segundo claustro de construcción similar: muros de mampuesto, techos de par e hilera y par y nudillo; galerías de pie derechos de madera que conectaban las celdas con un patio central de proporciones y aljibe más modestos que los del primer claustro. En dicho patio y hacia su centro, quedan las dependencias del matadero que pasarán a ser del convento luego de su expansión, así como la llamada «Casa del Marino»[8] que no fue más que parte de las oficinas del antiguo matadero. Estas edificaciones datan de antes de 1622, siendo las dependencias más antiguas que presenta el convento hasta nuestros días.

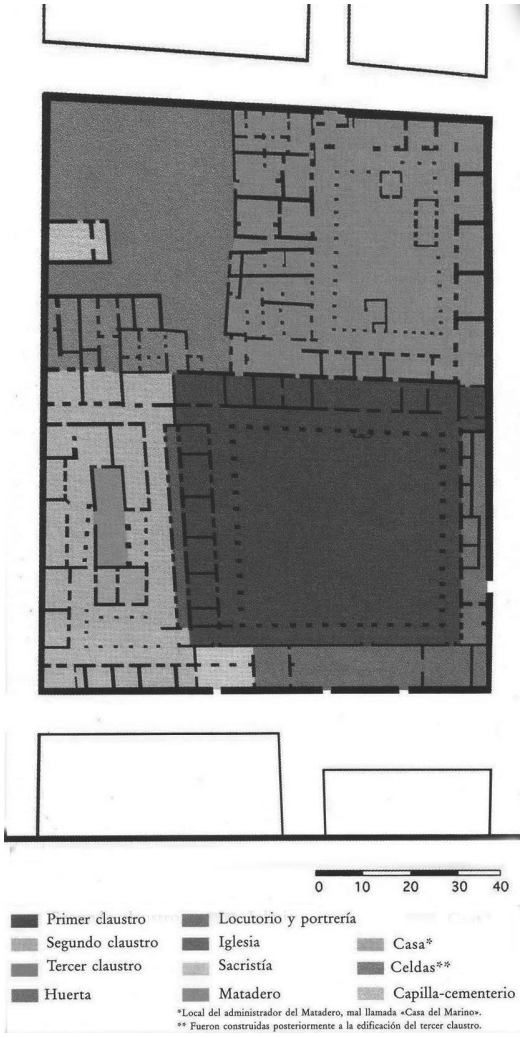



Figura 3
Plano de zonificación del plano ejecutado por Obras públicas en 1924 (Herrera López 2006)

A inicios del siglo XVIII, cerca de 1710, se comienzan los trabajos de remodelación de la torre-campanario cambiando los muros de mampuesto por muros de sillares divididos en dos cuerpos con ventanas y asomos; culminados en una cubierta de piedra de forma piramidal con buhardillas sobre la cual se ubica la cruz de hierro fundido, elemento más alto del conjunto. Veinte años más tarde, comienza una segunda ampliación del convento hacia el Oeste: se comienza a erigir el tercer claustro.

El tercer claustro fue edificado con fábricas similares a las del segundo claustro, siendo este fundamentalmente de celdas para las monjas, cocina, despensas y comedor. En este siglo también se asimila dentro de los terrenos conventuales el área que sería empleada como huerta o cuarto claustro, donde se ubicarían, además, algunas ermitas y el cementerio exterior del convento.

En 1767 el convento contaba con 112 monjas, un promedio de 10 sirvientes por cada una de ellas, y al menos una celda fabricada según el gusto de cada cual; por lo que la imagen del convento no era uniforme, sino desordenada. En 1783 el rey Carlos III emite una real cédula en la que se obliga a las religiosas a guardar vida en comunidad, sin las diferenciaciones creadas por los rangos y por la forma constructiva de sus edificaciones; acorde a lo explicado en el informe realizado por fray Juan Manuel Estévez, superior de los franciscanos, donde expone que:

> Ensanchando para mucha comodidad las paredes del claustro hasta ocupar en fondo y diámetro ocho cuadras enteras de la ciudad y fabricándose cada una en su particular, celdas cómodas y relajadas y por consiguiente, dislocarse, barajarse, confundirse con el tiempo considerable de las fábricas y con ellas mismas, toda la bella consonancia interior del retiro … hasta quedarse cada señora en su propia celda con su menaje aparte, sus arbitrios y granjerías (Santana 2012).

Como resultado, a fines del siglo XVIII y principios del XIX se realiza una profunda reforma al convento, dotándolo de la imagen y configuración que llega hasta nuestros días. En esta reforma el primer claustro adquiere sus columnas y arquerías de sillares en la galería de planta baja, manteniendo los pies derechos de madera en planta alta. Las paredes del convento en su segundo nivel fueron elevadas más de un metro. Se construye la crujía transversal al lado Sur, divisoria con el segundo claustro; a la que se le incorporan estructuras de techos de armaduras propios del siglo XVIII con realces barrocos o con motivos geométricos de cintas quebradas, mientras se ornamentan los ya existentes con detalles propios de este estilo. Como consecuencia de esta reforma el segundo y tercer claustro fueron regularizados, destruyendo los elementos independientes y enlazando las construcciones, aunque las evidencias de la primitiva irregularidad aún están visibles.

En la primera mitad del siglo XIX las altas y cerradas fachadas fueron realzadas con elementos de filiación neoclásica, se prepara el convento para el abastecimiento de agua por medio del Acueducto de Albear; mientras que la ciudad comienza a cercar el convento con los nuevos aires de modernidad. La inclusión del tranvía y la instauración de una fábrica de cigarrillos al fondo de la plazuela exterior, hacen que la vida conventual sea menos tranquila. En 1921, como resultado de la construcción de edificios de gran altura con visuales hacia el interior del convento; y la escalada vertiginosa de la vida alrededor se sus muros; las mojas venden el convento y se trasladan a otro de nueva construcción en la barriada de Lawton en la propia ciudad habanera. El convento de Santa Clara de Asís abre sus puertas al público por primera vez en 1922 como sede de la Celebración del IV Congreso Médico Latinoamericano y la exposición Nacional de Higiene y de la Industria y Comercio; dejando al pueblo visitante ensimismado con los secretos contenidos entre sus paredes conventuales.

Por presiones ciudadanas, el edificio fue comprado por el Estado cubano en 1925 y salvado de ser destruido. En ese mismo año pasa a ser sede de la Secretaría de Obras Públicas, y en su interior se gestaron los planes urbanos, arquitectónicos y de restauración que nos legaron la Habana de hoy. El proyecto del Capitolio Nacional, la restauración del Templete, la construcción de la carretera central, la edificación de los túneles de La Habana, de la calle Línea y de la Quinta Avenida, y la Universidad de La Habana, son ejemplo de ello.

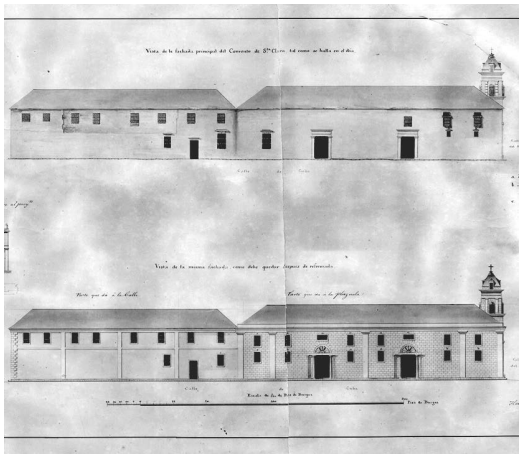


Figura 4
Proyecto de fachadas por calle Cuba del Convento de Santa Clara, 1849. (Cortesía del Arq. Alain Marrero Cordero)

Luego del triunfo de la Revolución, en la década de 1960, se demuelen las construcciones del cuarto claustro y parte de los espacios del tercer claustro en un intento de unificar las calles interruptas por el convento. Por presión de los profesionales del campo de la arquitectura y la restauración, y de la vecindad, se detiene este proceso de demoliciones. En 1980, la edificación religiosa pasa a ser restaurada por la Dirección Nacional de Patrimonio Cultural del Ministerio de Cultura, bajo la tutela del arquitecto Daniel Taboada para ser la Sede del Centro Nacional de Conservación, Restauración y Museología (CENCREM). Entre 1981 y 2012 en CENCREM brindó un relevante servicio a la causa de la conservación del patrimonio cultural cubano y a la formación de especialistas dedicados a este fin.

En 2012, el convento pasa a ser atendido por la Oficina del Historiador de la ciudad de la Habana; y desde entonces ha estado sujeto a un proceso inversionista de gran envergadura en aras de restaurarlo y rehabilitarlo como sede del Colegio de Santa Clara para las artes y los oficios de la restauración de Cuba y del Caribe. Hoy se restauran cuidadosamente sus techos; un bosque convertido en cubierta que pronto tendrá cuatro siglos; y que nos permite conocer cómo era que se armaba la carpintería de lo blanco habanera de la época colonial.

## Las techumbres del convento de Santa Clara: un museo de la carpintería de blanco habanera y cubana del siglo XVII

Los techos inclinados de armadura de pares cubiertos por tejas criollas fueron la solución constructiva más empleada para las cubiertas de la ciudad de La Habana en el período comprendido entre la fundación de la villa hasta entrado del siglo XIX. El conocimiento proveniente de España en lo referente a la construcción de techos de armadura, y el hecho de que la villa estuviese rodeada de una densa área boscosa llena de árboles de maderas preciosas duras y semiduras perfectas para la construcción, contribuyó a que este sistema de cubiertas se volviese popular entre los alarifes y maestros carpinteros del momento.

Figura 5
Canes de la iglesia del convento de Santa Clara. Nótese la huella de los anillos del Cedro del cual se talló el elemento

Las edificaciones religiosas fueron de las primeras en emplear este sistema; por lo que no es causa de asombro que el Convento de Santa Clara de Asís, siendo el primero de su tipo en la ciudad y habiéndose construido en la primera mitad del siglo XVII, haya sido cubierto también por esta solución. Lo que sí es notable del convento es la cantidad de techos de armadura de pares y de alfarjes que llegan hasta estos días con la mayoría de sus elementos originales casi intactos. Si bien el paso del tiempo y el clima cubano han sido implacables; este convento presenta entre su claustro primero y segundo un total de 2067.93 $m^2$ de techos de armadura de estructura de par y nudillo; 1175.69 $m^2$ de techos de armadura de estructura de par e hilera; 1427.08 $m^2$ de forjados inclinados o colgadizos; y 4670.07 $m^2$ de techos de alfarje, en un estado de conservación tal, que permiten un estudio actual de cada uno de sus elementos.

### Los techos del convento: la nave de la iglesia y el coro alto

La nave de la iglesia es un salón de 10.15 m de ancho por 38.60 m de largo sin apoyos intermedios. Su techo, de estructura de par y nudillo, comienza su asiento a 13.10 m de altura donde se encuentra la solera; sobre esta se apoyan los canes sencillos sobre los cuales se ubican los tirantes pareados, los canes en esviaje sobre los cuales van los cuadrales, y los doble canes ubicados en las esquinas y a mitad de los testeros. Encima de los tirantes y cuadrales descansa el estribo o durmiente, desde el cual parten los pares y las limas en busca de la viga hilera o cumbrera, para conformar los faldones. Esta viga cumbrera no es visible por el nudillo y el harneruelo de este techo, sin embargo, es un elemento peculiar puesto que tiene 0.23 m de alto por 0.15 m de ancho y 45.00 m de largo seccionado en elementos de 6.00 m. Esta longitud permite que el techo de la iglesia se conecte con el del coro alto, a través de una cubierta de tejas continua de cara a la ciudad; mientras que en el interior se nota claramente una separación entre el techo de la iglesia y aquel perteneciente al coro alto. El espacio entre ambos denominados techos ocultos, es sólo accesible removiendo las tejas y tablas de uno de los dos techos.

La solera de la iglesia presenta 0.10 m de alto por 0.50 m de ancho y 6.00 m de largo, sobresaliendo 0.10 m con una moldura de billetería[9] o denticulada. Los 24 canes simples tienen una sección de 0.25 m de alto por 0.30 m de ancho y 1.30 m de largo, de lo que sólo se muestran 0.70m, el resto queda detrás del arrocabe doble, que encaja en una ranura de una pulgada de profundidad hecha a cada lado del can y del tirante con una inclinación de 45 grados. A estos canes sencillos se les suman otros ocho a esviaje, y otros seis canes dobles para un total de 38 canes. Los

Figura 6
Nave de la iglesia del Convento de Santa Clara de Asís de La Habana

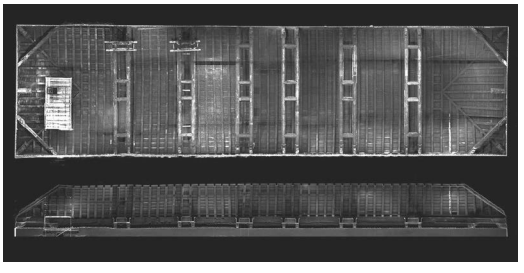


Figura 7
Sección y planta del techo de la iglesia (Guerra Bouza, y otros 2021)

canes dobles presentan una altura total de 0.675 m, un ancho de 0.25 m y mantienen 0.60 m ocultos tras el arrocabe, sólo que el retalle del can superior sobrepasa al inferior en 0.30 m.

El arrocabe presenta una altura total de 0.80 m dividida en dos elementos alternados: las tocaduras y el alicer. El alicer es una tabla decorada de 0.04 m de profundidad, 0.30 m de alto y 2.30 m de largo. La decoración está compuesta por dos líneas de 5 mm de profundidad en la parte baja y alta de la misma, dejando 20 mm del borde en cada caso y un espacio entre ellas de 15 mm; y dos círculos tallados a bajorrelieve ubicados hacia el centro del alicer, y distanciados unos de otros a 0.70m. Las tocaduras son de molduras de billetería de 0.10 m de alto por 0.20 m de profundidad y 2.30m de largo. Encima de la segunda tocadura se ubica la cinta del almarbate compuesta por dos elementos: uno continuo que une la tocadura con el par de 0.025m de alto, 0.15 m de profundidad y 6.60 m de largo, sin decoración y con 21 grados de inclinación; y otro decorado por dos líneas iguales a las de los aliceres, ubicados entre los pares con las dimensiones siguientes: 0.025m de profundidad, 0.386 m de alto y 0.466 m de largo.

Por otro lado, los tirantes se encuentran pareados, siendo un total de 12 en seis pares espaciados a 3.32 metros. No presentan lacería alguna, sin embargo, presentan una moldura de billetería en la parte superior, siguiendo aquella que tiene el arrocabe en su segunda tocadura. La dimensión de los tirantes es de 0.30 m de alto por 0.25m de ancho y 11.7 m de largo y se encuentran unidos por una ligadura de 0.30cm de altura por 0.25 de ancho y 1.00 m de largo. A su vez, los cuatro cuadrales presentan igual sección que los tirantes, variando solamente su largo hasta alcanzar los 6.70 metros.

Los pares son un total de 150 espaciados entre sí por 0.466 m, y con una sección de 0.19 m de alto por 0.17 m de ancho y 6.60 m de largo; mientras que las limas presentarán igual sección que los elementos anteriores pero su largo variará desde los 6.60 m a 1.10 m con variaciones de 0.70m a medida que se aproxima al arrocabe. Estas últimas son un total de 62 elementos. Los nudillos se ubican a dos tercios de la altura total del techo siendo de 0.17 m de ancho por 0.19 m de alto, 3.60 m de largo y; espaciados a 0.466 m, para un total de 75 unidades. El harneruelo o almizate es simple, sin decoración alguna.

La tablazón presenta elementos que con ancho variable entre 0.48 y 0.51 m, por 0.35 m de alto y 0.025 m de espesor. El tapajuntas presenta el mismo ancho y espesor que la tablazón, solo variando el alto a 0.096 metros.

Todos los elementos anteriores fueron unidos en su lugar por medio de clavos de sección cuadrada de hierro fundido que varían en dimensiones y grosor pudiendo ser de 60 mm de alto y 6 mm de espesor mínimo, hasta tener 0.30 m de largo con un espesor de 15 milímetros.

El coro alto de este convento tiene la peculiaridad de tener el único techo de Cuba que presenta la firma del maestro carpintero que lo realizó, así como otra inscripción donde se recogen la fecha de culminación de la obra y los nombres del gobernador y otros señores encargados de la construcción de este inmueble. Aún hoy pueden leerse las citas: «Gobernando el Sr. Don Alvaro de Luna Sarmiento y su Teniente General Don Fernando de Aguilar se acabó esta Iglesia Año 1643 – Maestro Mayor Juan de Salas y Argüello» (Herrera López 2006).

Figura 8
Inscripción en el arrocabe del coro alto

El techo del coro alto es de par y nudillo y presenta los mismos elementos en cuanto a disposición y dimensiones, pero variando sus cantidades puesto que el espacio es más reducido. El salón tiene 10.15 m de ancho por 14.50 m de largo; a los 4.66 m de altura comienza el asiento del techo con la solera sobre la cual descansan 8 canes a esviaje, 4 canes sencillos, y 6 canes dobles: dos a mitad de los testeros y cuatro en las esquinas. Encima de los canes a esviaje se ubican los 4 cuadrales, mientras que sobre los sencillos se ubica el único tirante pareado del espacio unido por ligaduras que presentan un lazo decorado por una estrella. En todo el perímetro se repiten el mismo arrocabe y almarbate que presenta la iglesia, por lo que el espaciamiento de los pares se mantiene igual en este techo. El total de pares es 26, para un total de 13 nudillos y 62 limas.

Los techos de armadura de par y nudillo no fueron los únicos empleados en el convento, aunque sí tienen una variedad notable en cuanto a su decoración y su lacería. En los espacios de celdas con dimensiones entre los 4.70 y 6.57 m de ancho, y los 8.10 de longitud se emplearon, además, cubiertas de par e hilera pudiendo tener estas el arrocabe, los canes e incluso los pares decorados como ocurre en la llamada Casa del Marino, ubicada en el segundo claustro. Mientras que en locales de funciones más modestas como la lavandería y los accesos de escaleras se podían encontrar soluciones de cubierta de par y nabo.

Figura 9
Techo de par y nabo en el tránsito de una escalera del segundo claustro

Figura 10
Detalle de la ornamentación de los cuadrales, doble canes, arrocabe, almarbate y pares en una esquina del techo de par e hilera de la Casa del Marino

## Conclusiones

El convento de Santa Clara es un inmueble de incontable valor para el estudio de la arquitectura habanera tanto de sus muros como de sus techos, no sólo por lo excelente de su realización, sino por la variedad de soluciones que en él existen. Su iglesia llamada por el Dr. Eusebio Leal Spengler como «un barco invertido» debido a la magnificencia de su techo, es un exponente de la carpintería de lo blanco del período colonial cubano y latinoamericano.

Nuevamente inmerso en un nuevo proceso de restauración, los techos del convento vuelven a ser el elemento primero a salvaguardar. Hoy se rescatan un total de 9341.4 $m^2$ de techos de armadura de pares y de alfarjes del siglo XVII, lo que equivale a cerca de 20 techos de armadura; para que puedan ser estudiados por los restauradores del futuro.

## Notas

1. Estos datos fueron recogidos por el Doctor Manuel Pérez-Beato, quien confeccionó una estadística basándose en los tres primeros libros de Bautismo de la Parroquial Mayor de La Habana. Entre 1590 y 1600, se realizaron 528 bautizos de los cuales 50 fueron de niños de «padres desconocidos» lo que equivale a un 9.46% y un promedio de 5 niños anuales. Entre 1632 y 1643, fueron registrados 2263 bautizados, de los cuales 393 fueron niños de «padres desconocidos», equivaliendo a un 13.95% y un promedio de 35 niños al año.
2. Andrés Valero fue el maestro mayor encargado de la ejecución de los primeros planos para el monasterio de monjas habanero, así como la elección del sitio para su emplazamiento. El proyecto propuesto por Valero no se ejecutó.
3. Se desconoce el nombre de quien ejecutó los planos del convento que llega hasta nuestros días, debido a la pérdida de dicha documentación. Suele atribuirse este proyecto al ingeniero militar José Hidalgo Núñez, quien fuese en ese momento el maestro mayor de la ciudad, sin embargo, él fue comisionado por el Cabildo para que inspeccionara la construcción del convento; por esto cuesta creer que hubiese sido también el constructor.
4. La fanega es una medida de capacidad para áridos que, según el marco de Castilla, tiene 12 celemines y equivale a 55,5L, pero es muy variable según las diversas regiones de España (Real Academia Española 2014).
5. Medida adoptada en Cuba para la ejecución de las obras de construcción hasta el siglo XVIII. Una vara oscilaba entre los 0.8355 y 0.835905 metros. En el caso del convento de Santa Clara se empleó la equivalencia a 0.8355 centímetros.
6. La inscripción cita: *NVESTRA SEÑORA DE LAS GVERTAS (SIC) / SIENDO GOBERNADOR D. ALVARO DE LVN. SAMIENTO / (CRUZ) / LAVDATE DOMINVM IN CYMBALIS BENESONANTIBVS / LAVDATE EVM IN CYMBALIS IVBULATIONIBVS /(CRUZ) / GMP AÑO 1644*. Nuestra Señora de las Huertas. Siendo Gobernador Don Álvaro de Luna Sarmiento / (Cruz de Alcántara) / Alabad al Señor con campanas resonantes, alabad al Señor con campanas de júbilo / (Cruz) / G.M.P (Gerónimo Martínez Pinzón, autor y fundidor de la campana; y de la Giraldilla del Castillo de la Real Fuerza) Año 1644.
7. La inscripción cita: *SANCTE MICHAEL ORA PRO NOBIS*. San Miguel ruega por nosotros.
8. La llamada «Casa del Marino» se refiere a unas dependencias del matadero construida en 1622 para oficina o vivienda del jefe del matadero, alrededor de la cual, en 1922, luego del traslado de las monjas hasta su nuevo convento; se le atribuyeron leyendas relacionadas con que esta edificación fue realizada por un Capitán marino como celda para su hija, a quien dejaría con las monjas para su cuidado.
9. Término empleado en Cuba para referirse a la moldura denticulada.

## Lista de referencias


Bonet Correa, Antonio. 1978. *Andalucía Barroca, arquitectura y urbanismo.* Barcelona: Ediciones Polígrafa, S. A.

Chateloin Santiesteban, Felicia Francisca. 2007. Las armaduras de pares en La Habana Vieja. El privilegio de su conservación. *Gabinete de Arqueología* 49-60.

De la Fuente, Alejandro. 1993. Población y crecimiento en Cuba (siglos XVI y XVII): Un estudio regional. *European Review of Latin American and Caribbean Studies* 55, 59-93.

Guerra Bouza, Dainelys; Alina Romeo Saez; Niurka Fernández Muñoz; Angela Diomedes Almeida; Patricia Braña Nuez; Roberto Castellá Bello, y Alberto Hernández Oroza. 2021. Diagnóstico del techo de la iglesia, Claustro I, Bloque A del Convento de Santa Clara. Informe de diagnóstico, La Habana.

Herrera López, Pedro Antonio. 2006. *El convento de Santa Clara de la Habana Vieja* . La Habana: Centro Nacional de Conservación, Restauración y Museología (CENCREM).

Hidalgo Navarro, Yoao; Alexander Pérez Almira; Mileny Zamora Barrabía; Isabel Rodríguez Blanco, y Heidi Pajón Cañedo. 2013. Investigación histórico-documental y arqueológica de la arquitectura en el antiguo convento Santa Clara de Asís. Informe de arqueología, La Habana.

López de Arenas, Diego. 1807. *Carpintería de lo blanco y tratado de Alarifes*. Vol. 4. Madrid: Imprenta de Manuel Galiano.

Nuere Matauco, Enrique. 2000. *La carpintería de armar española*. Madrid: Editorial Munilla-Lería.

Real Academia Española, (RAE). 2014. *Diccionario de la lengua española.* Madrid: Espasa.

Rodríguez Alomá, Patricia. 2012. *Cuba: Las centralidades urbanas son los lugares de la memoria.* Quito: Olacchi.

Santana, Alicia García. 2012. *Treinta maravillas del patrimonio arquitectónico cubano.* Madrid: Ediciones Polymita.

Weiss y Sánchez, Joaquín E. 1978. *Techos coloniales cubanos.* La Habana: Editorial Arte y Literatura.

Zardoya Loureda, María Victoria. 2012. La ciudad y la ley. En *Cuba: las centralidades urbanas son los* l*ugares de la memoria*, 61-89. Quito: Olacchi.

# Lista de Autores

Addis, Bill. Technische Universität München
Alberti Zurita, Liuba. Centro Internacional de Estudios Avanzados, Ciea-Sypa
Alfaraz López, David. Arquitecto técnico
Alfonso Llorens, Joaquín. Arqueologia i Patrimoni S.L.
Alonso Rodríguez, Miguel A. Universidad Politécnica de Madrid
Álvarez Barrena, Sete. Universidad de Extremadura
Amorós, Samuel. Universidad Ricardo Palma
Ampliato Briones, Antonio Luis. Universidad de Sevilla
Antuña Bernardo, Joaquín. Universidad Politécnica de Madrid
Arboix Alió, Alba. Universitat Politècnica de Catalunya
Arimateia, Karine de. Centro Universitário Newton Paiva
Arribas Lobo, Pablo. IE Universidad
Arrieta Berdasco, Valentín. Universidad de Valladolid
Arteaga Botero, Gustavo Adolfo. Pontificia Universidad Javeriana Cali
Azcona Uribe, Leire. Universidad del País Vasco
Azevedo Salomao, Eugenia María. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Bargón García, Marina. ESNE
Barreiro Roca, José Carlos. Universidade da Coruña
Barroso Becerra, Manuel. Universidad de Sevilla
Batlle Pérez, José Manuel. Doctor Arquitecto
Bellido Pla, Rosa. Doctora Arquitecta
Bühler, Dirk. Deutsches Museum München
Bulfone Gransinigh, Federico. Doctor Arquitecto
Burgos Núñez, Antonio. Universidad de Granada
Cabecera Soriano, Rubén. Universidad de Extremadura
Cabeza Prieto, Alejandro. Universidad de Valladolid
Cacciavillani, Carlos Alberto. Universidad de Chieti-Pescara
Calvo López, José. Universidad Politécnica de Cartagena
Camino Olea, María Soledad. Universidad de Valladolid
Cano Murillo, Enrique Martín. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
Cárcamo Martínez, Joaquín. Asociación Vasca de Patrimonio Industrial y Obra Pública
Carreño Soler, José Javier. Universidad de Granada
Castilla Pascual, Francisco Javier. Universidad de Castilla-La Mancha
Cejudo Collera, Mónica. Universidad Nacional Autónoma de México
Cervilla García, Alejandro. Universidad Politécnica de Madrid
Chamorro, Miquel Àngel. Universitat de Girona
Chávez Rubio, Luis Enrique. Universidad Técnica de Ambato
Collado Espejo, Pedro Enrique. Universidad Politécnica de Cartagena
Compte Guerrero, Florencio. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil
Contreras Lara, Carla Adriana. Universidad Nacional Autónoma de México
Contreras Padilla, Alejandra. Universidad Nacional Autónoma de México
Correa Baeriswyl, María Victoria. Universidad de Santiago de Chile
Correa Díaz, Matías. Universidad Técnica Federico Santa María
Cortés Rocha, Xavier. Universidad Nacional Autónoma de México
Crespo, Daniel. Fundación Juanelo Turriano
Díaz del Campo Martín-Mantero, Ramón Vicente. Universidad de Castilla-La Mancha

Dohijo, Eusebio. Universidad de Cantabria
Domouso de Alba, Francisco José. Universidad Europea de Madrid
Dotor, Alicia. Universitat Politècnica de Catalunya
Escalante, María Isabel. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas
Estrella Pozo, Juan Antonio. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Etxepare Igiñiz, Lauren. Universidad del País Vasco
Ezquerra Ibarraran, Íñigo. Arquitecto
Fernández Correas, Lorena. Universitat de València
Fernández Rodríguez, Begoña. Universidade de Santiago de Compostela
Ferreira Martínez, Ángela. Historiadora del Arte
Ferreira-Lopes, Patricia Wanderley. Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico
Flores Román, Milagros. ICOFORT
Flores Sasso, Virginia. Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra
Folgueras Díaz, María Belén. Universidad de Oviedo
Fontàs Serrat, Joan. Universitat de Girona
Frechilla Alonso, María Almudena. Universidad de Salamanca
Frechilla Alonso, Noelia. Universidad de Burgos
Fuentes González, Paula. Universidad de Alcalá
Galindo-Díaz, Jorge. Universidad Nacional de Colombia
García Cuetos, María Pilar. Universidad de Oviedo
García Cuetos, Mónica. Universidad de Oviedo
García García, Rafael. Universidad Politécnica de Madrid
García Muñoz, Julián. Universidad Politécnica de Madrid
Gifra Basso, Ester. Universitat de Girona
Gil Brignardello, Daniela. Arquitecta
Gil Crespo, Ignacio Javier. Anfión, Arquitectura y Patromonio SLP
González Duque, Carlos. Sapienza Università di Roma
González Gottdiener, Isaura. Universidad Nacional Autónoma de México
Goyes Balladares, Andrea Cristina. Universidad Técnica de Ambato
Guerra-Pestonit, Rosa Ana. Universidade de Santiago de Compostela
Guerrero Vega, José María. Universidad de Sevilla
Hernández Hernández, Agustín. Universidad Nacional Autónoma de México
Hernández Quiroga, María Juliana. Universidad Nacional de Colombia
Hernando de la Cuerda, Rafael. Universidad de Alcalá
Herrero García, Estefanía. Anfión, Arquitectura y Patrimonio SLP
Herrero Vicent, Pasqual. El fabricante de espheras, Coop. V.
Hipólito Ojalvo, Francisco. Universidad de Extremadura
Hueto Escobar, Alicia. Universitat Politècnica de València
Hurtado-Valdez, Pedro. Universidad San Ignacio de Loyola
La Spina, Vincenzina. Universidad Politécnica de Cartagena
Lage Cal, Susana. Universidad de Oviedo
Landi, Stefania. Doctora Arquitecta
León González, Javier. FHECOR Ingenieros Consultores SA
Lizundia Uranga, Íñigo. Universidad del País Vasco
Llopis Pulido, Verónica. Universitat Politècnica de València
Llorente Álvarez, Alfredo. Universidad de Valladolid
Lluis i Ginovart, Josep. Universitat Internacional de Catalunya
Lluis-Teruel, Cinta. Universitat Internacional de Catalunya
López Mozo, Ana. Universidad Politécnica de Madrid
López Patiño, Gracia. Universitat Politècnica de València
López-Ulloa, Fabián S. Universidad Técnica de Ambato
Lozano Bartolozzi, María del Mar. Real Academia de Extremadura de las Letras y las Artes
Luengo García, Juan Carlos. Universidad de Oviedo
Maino Ansaldo, Sandro. Universidad Técnica Federico Santa María
Mamani Fuentes, Francisco. Universitè Paris Sciences et Lettres
Mantecón Tagarro, Laura Guiomar. El fabricante de espheras, Coop. V.
Marín Sánchez, Rafael. Universitat Politècnica de València
Marrero Cordero, Alain. Oficina del Historiador de la ciudad de La Habana
Martín Civantos, José María. Universidad de Granada
Martín Domínguez, Beatriz. Universidad de Zaragoza
Martín Jiménez, Carlos. Universidad Politécnica de Madrid
Martín Sánchez, Julio. Universidad de Castilla-La Mancha
Martínez Aguilar, Gladys. Universidad Veracruzana
Mateo Caballos, Carlos. WE Restauro
Matoses Ortells, Ignacio. Generalitat Valenciana
Mazzanti, Claudio. Universidad de Chieti-Pescara
Mejía Clavijo, Camilo. Universidad Nacional de Colombia
Méndez Manjón, Irene. Universidad de Oviedo
Mileto, Camilla. Universitat Politècnica de València
Molotla Xolalpa, Pedro Tlatoani. Universidad Autónoa de Ciudad Juárez
Monterroso Montero, Juan Manuel. Universidade de Santiago de Compostela
Mora Vicente, Gregorio Manuel. Universidad de Sevilla
Mosquera Adell, Eduardo. Universidad de Sevilla
Muñoz Cosme, Gaspar. Universidad del País Vasco
Muñoz Lozano, Yolanda. Pontifica Universidad Católica de Chile y Université París 1 Panthéon Sorbonne
Muñoz Sánchez, Pedro Alfonso. Universidad Nacional Autónoma de México
Nárdiz Ortiz, Carlos. Universidade da Coruña
Natividad Vivó, Pau. Universidad Politécnica de Cartagena
Navarro Camallonga, Pablo. Arquitecto
Negro, Sandra. Universidad Ricardo Palma
Onecha, Belén. Universitat Politécnica de Catalunya
Orfeo, Benedetta. Universidad Politécnica de Madrid
Ortueta Hilberath, Elena de. Universidad de Extremadura

Paco Gabarrón, Ramón de Universidad de Murcia
Pacho Fernández, Marñia Jesús. Universidad del País Vasco
Pañeda Ruiz, José Manuel. Universidad Nacional de Educación a Distancia
Pekarek, Juan Pablo. Institut National d'Histoire de l'Art
Pérez Gallego, Francisco Alfonso. Universidad Central de Venezuela
Pérez Múzquiz, Erika Elizabeth. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Pimenta do Vale, Clara. Universidade do Porto
Pinto Puerto, Francisco. Universidad de Sevilla
Piñuela García, Milagrosa. Arquitecta
Pitarch Roig, María. El fabricante de espheras, Coop. V.
Plasencia-Lozano, Pedro. Universidad de Oviedo
Ponce Ortiz de Insagurbe, María Mercedes. Universidad de Sevilla
Pons Poblet, Josep Maria. Universitat Politècnica de Catalunya
Porraz Castillo, Ana Marianela. Ecole nationale supérieure d'architecture de Versailles y Université Paris-Saclay
Prieto Vicioso, Esteban. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña
Rabasa Díaz, Enrique. Universidad Politécnica de Madrid
Ramallo Asensio, Sebastián F. Universidad de Murcia.
Ramírez de León, Mario Raúl. Universidad de San Carlos de Guatemala
Ramón-Laca Menéndez de Luarca, Luis. Universidad de Alcalá
Ramos Gavilán, Ana Belén. Universidad de Salamanca
Redondo Martínez, Esther. Universidad Europea de Madrid
Ripoll Masferrer, Ramón. Universitat de Girona
Roca Pezzotti, Linda María. Organización del Gran Caribe para los Monumentos y Sitios
Rodríguez Bada, Marta. Universidad de Oviedo
Rodríguez Espinosa, Claudia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Rodríguez Esteban, María Ascensión. Universidad de Salamanca
Rodríguez Estévez, Juan Clemente. Universidad de Sevilla
Rodríguez García, Ana. Universidad de Alcalá
Rodríguez Oyarbide, Itziar. Universidad del País Vasco
Rosón Mozos, Miguel. Arquitecto
Rouco Collazo, Jorge. Universidad de Granada
Ruiz Fernández, Rita. Universidad de Castilla-La Mancha
Ruiz Fernández, Rogelio. ESNE
Ruiz-Bedia, María Luisa. Universidad de Cantabria
Saborido Forster, Gustavo Adolfo Universidad de Sevilla
Sáez Pérez, María Paz. Universidad de Granada
Sagarna Aramburu, Maialen. Universidad del País Vasco
Salgado Pantoja, José Arturo. Universidad de Castilla-La Mancha
Sancho Mir, Miguel. Universidad de Zaragoza
Scibilia, Federica. Università "Kore" di Enna
Silva Contreras, Mónica. Universidad Iberoamericana
Suárez Abril, Santiago. Universidad Técnica de Ambato
Torres Garibay, Luis Alberto. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Uranga Santamaría, Eneko Jokin. Universidad del País Vasco
Vallina Pita, Nicolás. Media Madera Ingenieros Consultores
Vargas Chávez, Jaime Alberto. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Vegas López-Manzanares, Fernando. Universitat Politècnica de València
Vela Cossío, Fernando. Universidad Politécnica de Madrid
Verdejo Gimeno, Pedro. Universidad CEU-Cardenal Herrera Oria
Villate Matiz, Camilo. Universidad de Los Andes
Vivas Padilla, Julio. Media Madera Ingenieros Consultores
Zaragozá Catalán, Arturo. Real Academia de Bellas Artes de San Carlos de Valencia
Zayas Rubio, Lynne. Oficina del Historiador de la ciudad de La Habana

# Índice de Autores


Addis, B. 1
Alberti Zurita, L. 289
Alfaraz López, D. 1149
Alfonso Llorens, J. 879
Alonso Rodríguez, M. A. 939
Álvarez Barrena, S. 161
Amorós, S. 777
Ampliato Briones, A. L. 13
Antuña, J. 25
Arboix Alió, A. 903
Arimateia, K. de. 35
Arribas Lobo, P. 47
Arrieta Berdasco, V. 59
Arteaga Botero, G. A. 69
Azcona Uribe, L. 587
Azevedo Salomao, E. M. 79

Bargón García, M. 615
Barreiro Roca, J. C. 89
Barroso Becerra, M. 99
Batlle Pérez, J. M. 113
Bellido, R. 125
Bühler, D. 139
Bulfone Gransinigh, F. 715
Burgos Núñez, A. 149

Cabecera Soriano, R. 161
Cabeza Prieto, A. 1077
Cacciavillani, C. A. 173
Calvo López, J. 827
Camino Olea, M. S. 1077
Cano Murillo, E. M. 183
Cárcamo Martínez, J. 191
Carreño Soler, J. J. 201
Castilla Pascual, F. J. 969
Cejudo Collera, M. 211
Cervilla García, A. 225
Chamorro, M. A. 239
Chávez Rubio, L. E. 607
Collado Espejo, P. E. 251
Compte Guerrero, F. 259
Contreras Lara, C. 269
Contreras Padilla , A. 279
Correa Baeriswyl, M. V. 289
Correa Díaz, M. 625
Cortés Rocha, X. 301
Crespo, D. 795

Díaz del Campo Martín-Mantero, R. V. 311
Dohijo, E. 47
Domouso de Alba, F. J. 321
Dotor. A. 787

Escalante, M. I. 331
Estrella Pozo, J. A.. 1013
Etxepare Igiñiz, L. 587
Ezquerra, I. 341

Fernández Correas, L. 353
Fernández Rodríguez, B. 369
Ferreira Martínez, A. 59
Ferreira-Lopes, P. 381
Flores Román, M. 395
Flores Sasso, V. 403
Folgueras Díaz, M. B. 577
Fontas, J. 239
Frechilla Alonso, M. A. 413

Frechilla Alonso, N. 413
Fuentes, P. 497

Galindo-Díaz, J. 421
García Cuetos, M. 443
García Cuetos, M. P. 433
García García, R. 453
García Muñoz, J. 677
Gifra, E. 239
Gil Brignardello, D. 625
Gil Crespo, I. J. 463
González Duque, C. 475
González Gottdiener, I. 485
Goyes Balladares, A. C. 607
Guerra-Pestonit, R. A. 497
Guerrero Vega, J. M. 507

Hernández Hernández, A. 519
Hernández Quiroga, M. J. 421
Hernando de la Cuerda, R. 1001
Herrero García, E. 463
Herrero Vicent, P. 879
Hipólito Ojalvo, F. 535
Hueto Escobar, A. 545
Hurtado-Valdez, P. 555

La Spina, V. 565
Lage Cal, S. 577
Landi, S. 381
León, J. 795
Lizundia Uranga, I. 587
Llopis Pulido, V. 1139
Llorente Álvarez, A. 1077
Lluis i Ginovart, J. 599
Lluis-Teruel, C. 599
López Mozo, A. 939
López Patiño, G. 1139
López-Ulloa, F. S. 607
Lozano Bartolozzi, M. M. 615
Luengo García, J. C. 577

Maino Ansaldo, S. 625
Mamani Fuentes, F. 637
Mantecón Tagarro, L. G. 879
Marín Sánchez, R. 647
Marrero, A. 657
Martín Civantos, J. M. 1035
Martín Domínguez, B. 665
Martín Jiménez, C. 677
Martín Sánchez, J. 687
Martínez Aguilar, G. 697
Mateo Caballos, C. 381
Matoses Ortells, I. 709
Mazzanti, C. 715
Mejía Clavijo, C. 421
Méndez Manjón, I. 725
Mileto, C. 545
Molotla Xolalpa, P. T. 735
Monterroso Montero, J. M. 369
Mora Vicente, G. M. 745
Mosquera Adell, E. 1065
Muñoz Cosme, G. 665
Muñoz Lozano, Y. 915
Muñoz Sánchez, P. A. 755

Nárdiz Ortiz, C. 765
Natividad Vivó, P. 827
Navarro Camallonga, P. 1139
Negro, S. 777

Onecha, B. 787
Orfeo, B. 795
Ortueta Hilberath, E. 805

Paco Gabarrón, R. 827
Pacho Fernández, M. J. 817
Pañeda Ruiz, J. M. 837
Pekarek, J. P. 915
Pérez Gallego, F. 847
Pérez Múzquiz, E. E.. 1013
Pimenta do Vale, C. 857
Pinto Puerto, F. 507
Piñuela, M. 869
Pitarch Roig, M. 879
Plasencia-Lozano, P. xi, 889
Ponce Ortiz de Insagurbe, M. M. 1065
Pons Poblet, J. M. 903
Porraz Castillo, A. M. 915
Prieto Vicioso, E. 929

Rabasa Díaz, E. 939
Ramallo Asensio, S. F. 827
Ramírez de León, M. R. 949
Ramón-Laca Menéndez de Luarca, L. 959
Ramos Gavilán, A. B. 1077
Redondo Martínez, E. 969
Ripoll, R. 239
Roca Pezzotti, L. M. 985
Rodríguez Bada, M. 993
Rodríguez Espinosa, C. 1013
Rodríguez Esteban, M. A. 413
Rodríguez Estévez, J. C. 13
Rodríguez García, A. 999
Rodríguez Oyarbide, I. 587
Rosón Mozos, M. 1023
Rouco Collazo, J. 1035
Ruiz Fernández, Rogelio 1055
Ruiz Fernández, Rita 889

Ruiz-Bedia, M. L. 1045

Saborido Forster, G. A. 1065
Sáez Pérez, M. P. 1077
Sagarna Aramburu, M. 587
Salgado Pantoja, J. A. 1087
Sancho Mir, M. 665
Scibilia, F. 565
Silva Contreras, M. 1097
Suárez Abril, S. 607

Torres Garibay, L. A. 1107
Uranga Santamaría, E. J. 587
Vallina, N. 1161
Vargas Chávez, J. A. 1117
Vegas López-Manzanares, F. 545
Vela Cossío, F. 1129
Verdejo Gimeno, P. 1139
Villate, C. 1149
Vivas, J. 1161

Zaragozá Catalán, A. 647
Zayas Rubio, L. 1167